

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES.
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA- CURSO DE MESTRADO**

ANDRÉ JESUS PERIÇATO

**UNIDADES GEOAMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ANTAS,
PARANÁ: POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES**

**Maringá
2018**

ANDRÉ JESUS PERIÇATO

**UNIDADES GEOAMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ANTAS,
PARANÁ: POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES**

Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia, Área de concentração: Análise Regional e Ambiental, Linha de Pesquisa: Análise Ambiental.

Orientação: Prof.^a Dr^a. Marta Luzia de Souza

Maringá

2018

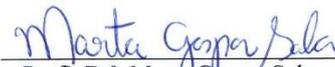
UNIDADES GEOAMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ANTAS,
PARANÁ: POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES

Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia, área de concentração: Análise Regional e Ambiental, linha de pesquisa: Análise Ambiental

Aprovada em **17 de dezembro de 2018.**

BANCA EXAMINADORA


Prof^ª. Dr^ª. Marta Luzia de Souza
Orientadora - UEM


Prof^ª. Dr^ª. Marta Gaspar Sala
Membro convidado - UNINGÁ


Prof^ª. Dr^ª. Juliana de Paula Silva
Membro convidado - UEM

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

P441u Perigoato, André Jesus
Unidades geoambientais da Bacia hidrográfica do
Rio das Antas, Paraná: potencialidades e
fragilidades / Valéria Borges Yonegura. -- Maringá,
PR, 2018.
115 f.: il., color.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Marta Lúcia de Souza.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes,
Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação
em Geografia, 2018.

1. Zoneamento ambiental. 2. Planejamento
ambiental. 3. Bacia hidrográfica - Cruzeiro do Oeste
- Paraná. I. Souza, Marta Lúcia de, orient. II.
Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências
Humanas, Letras e Artes. Departamento de Geografia.
Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDD 23.ed. 333.9115

Márcia Regina Paiva de Brito - CRB-9/1267

Dedico este trabalho a minha família.

AGRADECIMENTOS

A presente pesquisa representa o desfecho de mais uma importante etapa em minha vida pessoal e profissional. O caminho até este momento não foi fácil, e não seria possível a sua realização sem o apoio e ajuda de diversas pessoas.

Agradeço à professora Dra. Marta Luzia de Souza pela orientação na pesquisa.

À Fundação CNPq, pela bolsa de estudos concedida, permitindo a realização deste estudo e ao grupo de estudo GEMA–UEM.

Aos amigos Laíne e Mateus, do grupo de estudo do GEMA, que foram sempre prestativos nas mais diversas dificuldades encontradas, principalmente nos ensaios de laboratório.

Ao Renan, companheiro de pós-graduação, por me ajudar diversas vezes nos campos.

Aos amigos de graduação e pós-graduação, pelos momentos vividos ao longo dos últimos dois anos.

À Francieli, pelo apoio, carinho e conselhos que foram fundamentais.

À minha família, que a todo momento sempre me apoiou e me deu forças e conselhos para eu não desistir dos meus objetivos e sonhos. Agradeço imensamente a eles pai, mãe e irmã.

Por fim, agradeço a Deus por me iluminar e abençoar meus caminhos.

*"As palavras só têm sentido se nos ajudam a ver o mundo melhor.
Aprendemos palavras para melhorar os olhos..."*

*... Há muitas pessoas de visão perfeita que nada veem...
O ato de ver não é coisa natural. **Precisa ser aprendido**"*

Rubem Alves

RESUMO

A pesquisa tem como objetivo a definição de unidades geoambientais na bacia hidrográfica do Rio das Antas, em Cruzeiro do Oeste, no estado do Paraná, com destaque para as potencialidades e fragilidades ambientais. Para tanto, os objetivos específicos pautaram-se na análise integrada entre os elementos físicos e sociais presentes na área de estudo, com o propósito de identificar unidades homogêneas na bacia hidrográfica, bem como o diagnóstico da fragilidade ambiental nos setores verificados. Os procedimentos metodológicos apoiaram-se na análise integrada entre os elementos naturais e humanos e/ou sociais. Também fora aplicada uma metodologia de fragilidade potencial e fragilidade emergente. Deste modo, foram realizados os processos de identificação em campo e em gabinete dos diversos elementos que compõem a paisagem, tais como a hidrografia, os solos, os elementos climáticos (precipitação e temperatura), o relevo e as formas de uso e ocupação. A análise integrada destes elementos permitiu a identificação de diferentes unidades geoambientais na bacia do Rio das Antas. O estudo da fragilidade potencial e da fragilidade emergente possibilitou o complemento da obtenção de um diagnóstico geoambiental da área estudo. Como resultados, a bacia hidrográfica do Rio das Antas foi subdividida em três unidades geoambientais: a unidade I, a unidade II, subdividida em IIa, IIb, IIc e a unidade III. A unidade I compreendeu o setor com maior dissecação e densidade de drenagem e com uma diversidade de usos e ocupação. Os setores IIa e IIb foram diferenciados pelas formas de uso e ocupação e pela ligeira diferença entre os valores de declividade e o setor IIc apresenta características físicas semelhantes ao setor I, mas com o uso culturas temporárias. Por fim, o setor III tem como principal característica o relevo plano e a predominância do uso de pastagens. O estudo da fragilidade potencial e emergente propiciou o reconhecimento das diferenças existentes e possibilitou diagnosticar as principais fragilidades e potencialidades da bacia hidrográfica do Rio das Antas, permitindo o conhecimento das relações entre o ambiente natural e as formas de apropriação do homem.

Palavras-chave: Zoneamento ambiental; planejamento ambiental; fragilidade ambiental.

ABSTRACT

The objective of the research is the definition of geoenvironmental units in the Antas Watershed, in Cruzeiro do Oeste in the State of Paraná, highlighting potentialities and environmental fragility. To this purpose, the specific objectives were based on the integrated analysis of the physical and social elements present in the study area, with the purpose of identifying homogeneous units in the watershed, as well as the diagnosis of environmental fragility in the identified sectors. The procedures were based on integrated analysis between natural and human and/or social elements. A methodology of potential fragility and emerging fragility had also been applied. In this way, it was realized the identification, in field and in the study, of various elements that compose the landscape such as hydrography, soils, precipitation, temperature, relief and the forms of use and occupation. The integrated analysis of these elements allowed the identification of different units in the Antas watershed. The study of the potential and emergent fragility, allowed to obtain a better diagnosis of the study area. As a result, the Rio das Antas watershed was subdivided into three geoenvironmental units: unit I, unit II subdivided into IIa, IIb, IIc and unit III. Unit I comprised the sector with greater dissection, as well as sector IIc. The sectors IIa and IIb were differentiated by the forms of use and occupation and by the slight difference between the slope values. Finally, sector III has as main characteristic the flat relief and the predominance of the use of pastures. The study of the fragility, allowed to recognize the existing differences and to diagnose the main fragilities and potentialities of the watershed Antas river, allowing the knowledge of the relations between the natural environment and the forms of appropriation of the man.

Keywords: Environmental zoning; environmental planning; environmental fragility.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ANTAS,PR	34
FIGURA 2- DIVISÃO ADMINISTRATIVA DOS MUNICÍPIOS INSERIDOS NA ÁREA DE ESTUDO	37
FIGURA 3- FLUXOGRAMA METODOLÓGICO PARA ELABORAÇÃO DO MAPA DE UNIDADES GEOAMBIENTAIS ADAPTADO DE TRENTIN E ROBAINA (2005)	40
FIGURA 4- ESQUEMA METODOLÓGICO PARA MAPEAMENTO DAS FRAGILIDADES PROPOSTO POR BONIFÁCIO (2013)	45
FIGURA 5- GRAU DE FRAGILIDADE DE CADA SOLO	46
FIGURA 6- GRAU DE FRAGILIDADE DAS CLASSES DE DECLIVIDADE.....	46
FIGURA 7- CLASSIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE POTENCIAL	47
FIGURA 8- FLUXOGRAMA METODOLÓGICO DA PESQUISA	52
FIGURA 9- CARTA HIPSOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ANTAS, PR.....	55
FIGURA 10- CARTA DE DECLIVIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ANTAS,PR	58
FIGURA 11- CARTA DO ÍNDICE DE CONCENTRAÇÃO DE RUGOSIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ANTAS,PR	59
FIGURA 12- MAPA DE SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ANTAS, PR.....	61
FIGURA 13- DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA MÉDIA ANUAL DE PLUVIOSIDADE DA BACIA DO RIO DAS ANTAS,PR NO PERÍODO DE 1997 A 2017.....	65
FIGURA 14- PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL (1997-2017) DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ANTAS, PR.....	66
FIGURA 15- DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA TEMPERATURA MÉDIA ANUAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ANTAS, PR.....	67
FIGURA 16- CARTA DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ANTAS, PR.....	69
FIGURA 17- MAPA DE UNIDADES GEOAMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ANTAS....	75
FIGURA 18- REPRESENTAÇÃO FOTOGRÁFICA DA UNIDADE I	77
FIGURA 19- PERFIL GEOECOLÓGICO DO TRANSECTO A-B NA UNIDADE I	78
FIGURA 20- REPRESENTAÇÃO FOTOGRÁFICA DA UNIDADE IIA.....	81
FIGURA 21- REPRESENTAÇÃO FOTOGRÁFICA DA UNIDADE IIB.....	81
FIGURA 22- REPRESENTAÇÃO FOTOGRÁFICA DA UNIDADE IIC	82
FIGURA 23- REPRESENTAÇÃO FOTOGRÁFICA DA UNIDADE IIC	82
FIGURA 24- PERFIL GEOECOLÓGICO DO TRANSECTO C-D NA UNIDADE II	83
FIGURA 25- REPRESENTAÇÃO FOTOGRÁFICA DAS PASTAGENS DA UNIDADE III	85
FIGURA 26- REPRESENTAÇÃO FOTOGRÁFICA DA UNIDADE III.....	85
FIGURA 27- PERFIL GEOECOLÓGICO DO TRANSECTO E-F NA UNIDADE III.....	86

FIGURA 28 -MAPA DE FRAGILIDADE POTENCIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ANTAS, PR	88
FIGURA 29 -MAPA DE FRAGILIDADE EMERGENTE E DOS PROCESSOS EROSIVOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ANTAS, PR	91
FIGURA 30 -IMAGEM EROSÃO GOOGLE EARTH E SATVEG EM MARIA HELENA, PR.....	94
FIGURA 31 -IMAGEM EROSÃO GOOGLE EARTH E SATVEG PRÓXIMO A DOURADINA, PR	95

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 -CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA E SEUS PESOS	48
QUADRO 2 -ÁREA E PORCENTAGEM DOS TIPOS DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA	70
QUADRO 3 -COMPARAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO NOS MESES DE JANEIRO, FEVEREIRO, MARÇO E ABRIL ENTRE O PERÍODO DE 1997 A 2017 COM 2018	71
QUADRO 4 -PORCENTAGEM DA PRODUÇÃO RURAL EM 2015 E 2016	72
QUADRO 5 -PORCENTAGENS DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA UNIDADE I	79
QUADRO 6 -PORCENTAGENS DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA UNIDADE II	83
QUADRO 7 -PORCENTAGENS DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA UNIDADE III	86
QUADRO 8 -QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE POTENCIAL	89
QUADRO 9 -QUANTIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE EMERGENTE	90

LISTA DE TABELAS

TABELA 1-DADOS DE POPULAÇÃO E ÁREA DOS MUNICÍPIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA	38
TABELA 2-ATRIBUTOS DE ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS ANTAS,PR	54
TABELA 3- PERCENTUAL DE GRANULOMETRIA E SUBGRUPAMENTO TEXTURAL FONTE: O AUTOR (2018)	63

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1 PLANEJAMENTO AMBIENTAL	17
2.2 GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS EM ESTUDOS AMBIENTAIS	21
2.3 UNIDADE GEOAMBIENTAL E ZONEAMENTO AMBIENTAL	24
2.4 FRAGILIDADE AMBIENTAL.....	28
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	33
3.1 LOCALIZAÇÃO	33
3.2 ASPECTOS GEOGRÁFICOS	35
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	39
4.1 PRODUTOS CARTOGRÁFICOS.....	42
4.2 ANÁLISE MORFOMÉTRICA	49
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
5.1 ANÁLISE MORFOMÉTRICA.....	53
5.2 ANÁLISE DO RELEVO	56
5.3 ANÁLISE DA COBERTURA PEDOLÓGICA.....	60
5.4 ANÁLISE CLIMÁTICA	64
5.5 ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA E ATIVIDADES ECONÔMICAS	68
5.6 AS UNIDADES GEOAMBIENTAIS.....	74
UNIDADE I:	76
UNIDADE II:	79
UNIDADE III:	84
5.7 ESTUDO DA FRAGILIDADE POTENCIAL E EMERGENTE	87
5.7.1 Fragilidade Potencial.....	87
5.7.2 Fragilidade Emergente	90
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
7. REFERÊNCIAS	102
APÊNDICES	111

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente é uma das grandes questões da humanidade, principalmente nos últimos anos, com a intensificação do uso da terra no meio urbano e rural.

A Constituição Federal do Brasil de 1988 traz, em seu conteúdo, a necessidade de conservação do meio ambiente, pensando não só no presente, mas também no futuro. Perante a Constituição, todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

Deste modo, enfatiza-se a importância de estudos e pesquisas que envolvam questões relacionadas ao meio ambiente e sua preservação. Neste ponto, deve-se destacar a multidisciplinaridade em estudos geoambientais (TRENTIN, 2007), tendo em vista que várias ciências possuem conteúdos que possam ser incorporados à análise ambiental.

A Geografia como ciência sempre estudou as relações entre o homem e o meio, denominadas como estudos entre natureza e sociedade. Esses estudos que correlacionam a sociedade e a natureza nada mais são do que os estudos integrados, denominados de análise ambiental, que na perspectiva geográfica é um importante trabalho a ser desenvolvido para a elaboração de Zoneamentos Ambientais, que por sua vez se abrem como suporte às políticas de planejamento, seja ele qual for o nível de gerenciamento (ROSS, 2003).

Partindo de um olhar integrado entre a sociedade e a natureza, o estudo da paisagem apresenta-se como uma importante ferramenta na compreensão dessas relações. Bertrand (2004) considera que a paisagem não é a simples adição de elementos geográficos. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

Neste contexto, o processo de mapeamento geoambiental tem como método a delimitação da área em unidades, conforme a variação de seus atributos. São analisados os componentes e os processos do meio físico que apresentam certa

semelhança, e realiza-se o agrupamento em unidades. Este processo se dá em uma concepção de unidade geoambiental.

A escolha da área de estudo deu-se em face da verificação de um pequeno número de estudos em escala semelhante na região da bacia do rio das Antas, e que tenham utilizado as técnicas de geoprocessamento que foram aplicadas na presente pesquisa. Soma-se a isso o fato de, na área de estudo em questão, que corresponde às cabeceiras de drenagem da bacia hidrográfica, encontra-se um sítio paleontológico que está no limite territorial da cidade de Cruzeiro do Oeste, onde foram encontrados fósseis de *pterossauros* (MANZIG et al., 2014), configurando-se como uma importante descoberta para a região e que necessita de vários tipos de estudos, incluindo a temática em questão.

Deste modo, a presente pesquisa tem como objetivo a definição de unidades geoambientais na bacia hidrográfica do Rio das Antas, localizada no Noroeste do Paraná, com ênfase nas potencialidades e nas fragilidades ambientais. Para isso, propõe-se a análise integrada dos elementos da paisagem, a fim de identificar setores homogêneos dentro da área de estudo, a partir da elaboração de cartas de unidades geoambientais, fragilidade potencial e emergente, como um diagnóstico das relações entre os elementos da paisagem.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A presente pesquisa tem por objeto o estudo ambiental, as inter-relações entre o meio físico, natural e o social ou antrópico em uma bacia hidrográfica. Desta forma, o processo de delimitação da área de estudo em compartimentos que apresentem características similares são parte de um processo integrado chamado de planejamento ambiental, que envolve várias etapas, como diagnósticos e zoneamentos.

Portanto a compartimentação ou a definição de unidades geoambientais é apresentada como uma ferramenta de diagnóstico do meio, assim como o estudo da fragilidade ambiental, como um importante indicador da qualidade ambiental da bacia hidrográfica. Sendo assim, a fundamentação teórica aborda os vários conceitos e aplicações que auxiliaram no desenvolvimento da pesquisa.

2.1 Planejamento ambiental

O planejamento ambiental vem sendo objeto de estudo na Geografia há muitos anos. O marco das preocupações do homem com o meio ambiente e o uso racional dos recursos deu-se na segunda metade do século XX. Antes disso, os estudos ambientais na Geografia não eram discutidos de forma integrada.

A crítica que se tinha era que a Geografia física possuía um conhecimento insuficiente dos processos ambientais. Deste modo, o avanço dos estudos, tomando-se em conta uma abordagem mais realista, foi positivo, pois neste momento procuraram-se mecanismos e estruturas subjacentes responsáveis pelos processos. A partir deste momento, passou-se a ter um progresso para uma abordagem mais integrada. Essa nova tendência de enfoque e abordagem contribuiu para uma geografia mais ambiental (GREGORY, 1992).

Conti (2002) expõe em sua obra que a Geografia, por muitos anos, foi acusada de ser determinista, e só mais tarde os estudos baseados no estruturalismo e na teoria geral do sistema contemplaram uma abordagem mais integrada, buscando a interdisciplinaridade.

Santos (2004) e Suertegaray e Nunes (2011) discutem que apenas nos anos de 1970 e início de 1980 a conservação e preservação do meio ambiente integrado

ao papel do homem como agente transformador passaram a ter função na discussão da qualidade de vida da população. Nesse momento, os conceitos sobre planejamento foram reformulados, inserindo-se a questão ambiental.

Leef (2006) contribuiu com a interdisciplinaridade no planejamento ambiental apresentando o conceito de saber ambiental. Segundo o autor, o saber ambiental pressupõe a integração interdisciplinar e transdisciplinar do conhecimento para explicar o comportamento de sistemas ambientais complexos, e também problematizar o conhecimento fragmentado. Para ele, este processo permite construir um campo de conhecimento teórico e prático orientado para a rearticulação das relações entre a sociedade e a natureza.

O saber ambiental se apresenta em constante construção, excede as Ciências Ambientais, constituídas como um conjunto de especializações surgidas da incorporação dos enfoques ecológicos às disciplinas naturais. Abre-se para o terreno dos valores éticos, dos conhecimentos práticos e dos saberes tradicionais (LEEF, 2006).

Em planejamento, o meio natural e o meio social devem então, ser considerados faces de uma mesma moeda, desse modo, indissociáveis. Quintas e Oliveira (1995) consideram o homem como parte integrante da natureza e também como um ser social detentor de conhecimentos e valores socialmente produzidos ao longo do processo histórico, tendo o poder de atuar permanentemente sobre o meio em que vive, alterando a dinâmica natural do meio ambiente.

Desta forma, as ações do homem no meio ambiente devem ser precedidas por um entendimento do meio, através dos planejamentos. Eles devem fornecer prognósticos e estabelecer diretrizes de uso dos recursos, assumindo, por sua vez, um caráter preventivo e não corretivo (ROSS, 2003).

Caminhando por uma abordagem integrada em estudos de planejamento ambiental, Guerra e Cunha (2006) argumentam que o planejamento deve ser compreendido em um sentido mais amplo, em que as abordagens devem assumir forma inseparável do meio físico. Segundo os autores, deve-se partir da multidimensionalidade entre o químico, biológico, social, político e cultural. A lógica do planejamento se dá na problematização, buscando sempre superar o estático e o convencional e avançar nas teorias dos processos que resultam da interação entre as diversas dimensões elencadas anteriormente (GUERRA e CUNHA, 2006).

Porém, como destacam Fadini e Carvalho (2004), a interação nos estudos de planejamento ambiental entre os sistemas naturais e antrópicos nem sempre é adequada e contemplada de forma efetiva nos estudos. Segundo os autores, muitas vezes estes estudos consideram mais as análises e decisões técnicas, não levando em consideração as percepções da sociedade envolvida nas áreas a serem planejadas.

Os estudos de planejamento surgiram mediante competição por terras e recursos, com o intuito de compatibilizar o uso e a proteção de ambientes ameaçados por essas competições. O planejamento ambiental consiste na adequação de ações às potencialidades, vocações locais e a capacidade de suporte, visando sempre o desenvolvimento harmônico. Os estudos partem sob a lógica da potencialidade e fragilidade do meio, definindo e espacializando as ocupações e atividades do meio (SANTOS, 2004).

Desta forma, a Geografia se apresenta como uma importante ciência para os estudos de planejamento ambiental enquanto objeto de estudo, permitindo que se tenha uma consciência de que o espaço é um agregado de elementos heterogêneos distribuídos de forma variada, sendo possível formar, por meio da heterogeneidade, espaços regionais. Permite ainda, através dos processos interativos que envolvem a natureza e sociedade, chegar a definir espaços homogêneos e determinar seus limites (CONTI, 2002).

De acordo com Silva e Santos (2004), o planejamento ambiental é um processo contínuo que envolve coleta, organização e análise sistematizada das informações, por meio de procedimentos e métodos. Objetiva-se chegar a decisões ou escolhas acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos em função de suas potencialidades.

Os estudos de planejamento ambiental vêm sendo aplicado em diversas esferas de pesquisa e gestão, entre eles destacam-se o turismo, bacias hidrográficas, urbano e rural, unidades de conservação, entre outros. O planejamento segundo Fadini (1998) consiste em um grupo de metodologias e procedimentos que visam organizar, avaliar e propor alternativas ao uso do território, considerando as atividades produtivas, o meio físico e sua vocação natural.

Na visão de Santos(2004), o planejamento se apresenta como um processo cuja elaboração se dá em fases. As mais frequentes entre os planejamentos

ambientais são: a definição dos objetos; o diagnóstico; o levantamento de alternativas e a tomada de decisão. O estudo deve seguir uma estrutura organizacional que envolve pesquisa, análise e síntese. A autora descreve cada fase da seguinte maneira:

- A pesquisa tem o objetivo de reunir e organizar dados para facilitar sua interpretação;
- A análise refere-se à organização dos dados, que por sua vez serão avaliados para atingir a compreensão do meio em estudo, com seus acertos e conflitos;
- A síntese faz referência à aplicação dos conhecimentos alcançados para a tomada de decisão.

Deste modo, por cumprir estas três grandes etapas, o planejamento ambiental se apresenta como um processo, ou seja, é elaborado em fases que evoluem sucessivamente até o resultado, servindo de base para o desenvolvimento das fases seguintes.

Ainda segundo Santos (2004), cada fase possui componentes, métodos e produtos específicos. Por ser o planejamento um processo contínuo, as fases se encadeiam e se realimentam por meio das informações obtidas. Devido ao fato de essas fases serem interligadas, dependentes e contínuas, alguns autores preferem, ao invés do termo fases, denomina-las de momentos.

Rodriguez (1991), diferente do exemplo anterior, apresenta o planejamento estruturado em cinco fases. Para o autor, as fases objetivam: implementação metodológica e operativa; análise e sistematização de indicadores ambientais; diagnósticos do meio com identificação dos impactos; riscos e eficiência de uso; elaboração de um modelo de organização territorial; proposição de medidas e instrumentação de mecanismo de gestão.

Já Santos (2004) apresenta a divisão do planejamento estruturado em oito etapas, sendo elas: definição de objetivos; definição da estrutura organizacional; diagnóstico; avaliação de acertos e conflitos; integração e classificação de informações; identificação de alternativas e tomada de decisão; diretrizes e monitoramento.

Importantes contribuições sob esta perspectiva de planejamento foram apresentadas por Monteiro (2001). O autor traz a ideia de que o conhecimento geográfico não deve ser representado segundo um raciocínio linear. É preciso

observar-se a preocupação em privilegiar a complexidade das interações geográficas, apresentada pelo autor como geossistemas.

Para Monteiro (2001), o geossistema surge como uma tentativa de melhoria da investigação da Geografia física e, sua modernização visa promover a maior interação entre o humano e o natural. Conclui o autor que, a teoria do geossistema, possui relevância nos estudos integrados e auxiliam na avaliação da qualidade e do planejamento ambiental.

2.2 Gestão de bacias hidrográficas em estudos ambientais

No Brasil, os zoneamentos ambientais são, em grande parte, utilizados como instrumento legal para implementar normas de uso do território nacional, e muitos deles foram desenvolvidos apoiando-se nas características das bacias hidrográficas como o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) realizado no Paraná (ITCG, 2014).

A bacia hidrográfica é a unidade de trabalho escolhida com frequência pelos geógrafos e planejadores. Caracteriza-se por ser um sistema natural bem delimitado topograficamente, drenados por um curso de água onde as interações são integradas e mais facilmente interpretadas (SANTOS, 2004).

Segundo o IBGE (1994), a bacia hidrográfica constitui uma unidade geográfica ideal para o planejamento integrado dos recursos naturais e pode, ainda, ser definida como uma área fisiográfica drenada por um curso de água, conectada e que converge de forma direta ou indireta para um leito principal.

De forma semelhante, Tucci (2013) a define como sendo uma área de captação natural da água precipitada, que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. Esses conjuntos de canais de escoamento inter-relacionados formam, portanto, a bacia hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Barrella (2001) a define como um conjunto de terras, drenadas por um rio e seus afluentes, formado nas regiões mais altas do relevo por divisores de água. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas, formando riachos e rios, que vão se somando à medida que recebem água de outros tributários.

Seguindo por uma abordagem sistêmica do conceito, Lima e Zakia (2000) acrescentam que as bacias hidrográficas são consideradas sistemas abertos, que por sua vez recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia através do

deflúvio e evapotranspiração , apresentando oscilações em torno de um padrão, e que mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, ocorrerão mudanças compensatórias que tenderão a minimizar o efeito dessas perturbações restaurando o estado de equilíbrio dinâmico.

Ainda sobre essa perspectiva, as redes de drenagem das bacias hidrográficas atuam como registro das alterações ocorridas em seu interior, refletindo mudanças provocadas em função das atividades antrópicas ou dos processos naturais (COLLARES, 2000).

Segundo a Lei Federal 9.433 de 1997 (BRASIL, 1997), a bacia hidrográfica é a unidade territorial de planejamento e implementação da Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), tendo como diretrizes gerais a necessidade de integração da gestão dos recursos hídricos e uso da terra. A Política Nacional de Recursos Hídricos traz ainda como princípios básicos:

- Adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento;
- Usos múltiplos da água;
- Gestão descentralizada e participativa;
- O conhecimento da água como um bem vulnerável e finito;
- Reconhecimento do valor econômico da água.

O comitê de bacias hidrográficas no Paraná tem por finalidade promover a gestão dos recursos hídricos e ações que considerem a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, bem como a articulação e a integração entre o Sistema Estadual e o Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (PARANÁ, 2011).

Quanto às competências, destaca-se o inciso primeiro, que assevera o fato de o comitê estar apto a promover o debate de questões relacionadas aos recursos hídricos e articular a atuação dos órgãos, entidades, instituições e demais pessoas físicas ou jurídicas.

O comitê do baixo Ivaí e Paraná I foi criado no ano de 2011, por meio do Decreto 3.048, e abrange 53 municípios do estado do Paraná (PARANÁ, 2011). Neste documento, a região correspondente ao baixo Ivaí e Paraná I fora dividida em 13 regiões estratégicas. A bacia hidrográfica do Rio das Antas pertence à região AEG IV.02.04. No documento são apresentados dados sobre as características geográficas da bacia, são destacados dados sobre a população, sobre os usos e ocupação do

solo, se há a presença de eventos relacionados a desastres naturais, bem como os planos e diretrizes que dão aporte à gestão desses desastres.

Porto e Porto (2008) salientam que a questão central que deve reger a gestão de bacias hidrográficas é a integração dos vários aspectos que interferem no uso dos recursos hídricos e na proteção ambiental. A bacia hidrográfica permite a abordagem integrada, sendo o unitário de interação das águas com o meio físico, o meio biótico e o meio social, econômico e cultural (YASSUDA, 1993).

Assim sendo, enfatiza-se a importância de estudos em bacias hidrográficas, possibilitando trabalhar aspectos como o planejamento ambiental integrado com a comunidade envolvida, com o objetivo de trabalhar a relação homem e natureza. Trentin (2007) destaca que os trabalhos de zoneamentos geoambientais predominam em bacias hidrográficas, sendo consideradas unidades relevantes para a discussão de questões ambientais. Ainda segundo o autor, os zoneamentos geoambientais vêm se destacando como um instrumento estratégico para o planejamento regional, com uma forte vinculação ao parcelamento do solo e as definições de usos.

Pires et al. (2002) destacam que os sistemas de gestão de bacias hidrográficas devem ter um suporte técnico-científico baseado no conhecimento da estrutura ambiental e na compreensão dos processos e fatores que intervêm sobre a unidade de planejamento. O zoneamento da bacia hidrográfica consiste em uma etapa fundamental de planejamento para instrumentalizar e tornar operacionais as ações de manejo e conservação no âmbito da mesma.

Reiteram, ainda, que o zoneamento como um instrumento de sistematização das informações do território pode proporcionar à gestão da bacia hidrográfica as condições mais adequadas de contextualizar a área de estudo em um conjunto de outras unidades maiores, de especializar e correlacionar os dados disponíveis, bem como a de apresentar as alternativas para os setores identificados.

Para Lanna (1995), o emprego da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e/ou gerenciamento sobre estudos relacionados a questões ambientais se apresenta de forma vantajosa, tendo em vista que a bacia hidrográfica permite analisar a dinâmica da inter-relação das condições físicas, biológicas e socioeconômicas, possibilitando, desta forma, o estudo sob uma abordagem sistêmica, atendendo à necessidade de integração dos elementos que compõem a paisagem.

2.3 Unidade Geoambiental e Zoneamento Ambiental

O processo de zoneamento ambiental configura-se como uma importante ferramenta em estudos de planejamento ambiental e ordenamento territorial. Para tanto, se faz necessário conhecer os recursos disponíveis no meio em estudo. A utilização do zoneamento é comum como diagnóstico do território, visto que nele são considerados os elementos da paisagem de forma integrada (SILVA; SANTOS, 2004).

No Brasil, nas últimas décadas foram apresentadas diversas abordagens de zoneamento. Segundo Millikan e Del Prette (2000), de maneira geral, os zoneamentos realizados estão relacionados a dois segmentos, sendo um deles referente à regulação de uso do solo urbano e o outro referente ao zoneamento agrícola.

Sob essa perspectiva de planejamento ambiental, na década de 80 do século passado, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), Lei nº6.938 de 1981, (BRASIL, 1981), instituiu o Zoneamento Ambiental, a fim de que este, articulado a outros estudos, contribui na preservação, melhoria e na recuperação da qualidade ambiental, assim como no desenvolvimento socioeconômico.

A Constituição Federal de 1988 também prevê em seu inciso IX do artigo 21, que compete à União a elaboração e execução de planos de ordenamento do território e de desenvolvimento econômico e social, tendo como base a utilização de metodologias de zoneamento (BRASIL, 1988).

O zoneamento, segundo Mata (1981), se faz necessário para evidenciar os problemas ambientais, tornando-se uma ferramenta importante para o planejamento ambiental.

Milano (1993) aponta em seu estudo as vantagens do zoneamento ambiental, dentre as quais convêm destacar três: por meio do zoneamento, tem-se a possibilidade de determinar limites de possíveis irreversibilidades, devido ao conflito ambiental e ocorrências de pontos de fragilidades; permite a identificação de atividades antrópicas para cada área da unidade identificada e seu respectivo manejo; possibilita uma flexibilidade das metodologias de zoneamento ambiental, permitindo que se adaptem às características de cada setor conforme a necessidade.

Segundo Rocha (1995), a elaboração de um zoneamento ambiental consiste em dividir uma área em parcelas homogêneas, que apresentam características semelhantes. O zoneamento faz parte de um conjunto de projetos, que tem por

objetivo fornecer uma orientação para o desenvolvimento sustentável dos recursos naturais e de planejamento do território (ROCHA, 2002).

Floriano (2004) acrescenta que o zoneamento ambiental dispõe do uso de muitas ferramentas de apoio de alta tecnologia. As comumente utilizadas são as imagens de satélite, o sistema de posicionamento geográfico e a utilização de programas para processamento e análises. Segundo o autor, essas ferramentas proporcionam subsídios à indicação das áreas para ocupação e ao monitoramento das ações antrópicas.

O zoneamento ambiental para Santos (2004) apresenta-se como uma forma de expressão do planejamento ambiental. Os zoneamentos, segundo a autora, são definidos por grupamentos de variáveis que apresentam alto grau de associação dentro da paisagem. Esses grupamentos, também chamados de “zonas”, precisam levar em conta as potencialidades e/ou vocações e fragilidades naturais. No Brasil, os zoneamentos são comumente utilizados pelo Poder Público como instrumento legal, a fim de implementar normas de uso do território nacional.

Para Souza (2000), o zoneamento ambiental possibilita a determinação das suscetibilidades do ambiente, tendo como base os fatores ambientais específicos, tais como os relacionados ao meio físico, biológico e antrópico. O mesmo constitui e deve ser analisado como uma ferramenta de desenvolvimento regional como já abordado, ou como uma própria política de ordenamento territorial (BENNATTI, 2003).

Desta forma, os zoneamentos ambientais constituem uma importante ferramenta em estudos geoambientais, pois caracterizam pelo ordenamento do território em áreas homogêneas que possuem um potencial de uso ou características semelhantes.

Partindo dessa análise, os estudos de unidades geoambientais se caracterizam pela análise integrada e pela síntese, gerando como produtos uma série de mapas temáticos. Assim sendo, o mapeamento geoambiental tem como procedimento fundamental a divisão da área em unidades, conforme a variação de seus atributos. Esta divisão geoambiental representa os elementos naturais que compõem o meio físico em conjunto com o uso e ocupação da área, contribuindo na seleção de áreas naturais de acordo com suas potencialidades e fragilidades (ROBAINA et al., 2009; MENEZES et al., 2011).

Para Silva e Santos (2004) o processo de zoneamento do território pode estar diretamente ligado às concepções sobre a paisagem. Metzger (2001), um estudioso sobre a Ecologia da Paisagem, discute que a abordagem geográfica se preocupa com o estudo das paisagens alteradas pelo homem e o planejamento da ocupação territorial, em função do conhecimento das fragilidades e vocações de cada unidade de paisagem, sendo este apresentado por um espaço do terreno com características comuns.

Takeuchi (1983) apresenta um esquema para o estudo da paisagem levando em consideração a abordagem sistêmica. No esquema, o autor elenca que os estudos partem de aspectos naturais e de aspectos humanos, onde a análise integrada permite uma melhor interpretação do objeto de estudo. A análise se pauta em uma abordagem que, de um lado, é inicialmente climática, derivando para aspectos relacionados ao biológico e ao físico (solo, relevo e vegetação), e de outro, considera aspectos como a vegetação atual, o uso da terra, substituição da vegetação e a mudança nas formas de apropriação da terra.

A compartimentação do território em zonas pode se apresentar de diferentes formas em diversas aplicações. Barros e Castro (2006) colaboraram nestes estudos por terem realizado uma compartimentação geoambiental sob uma área de tensão ecológica. Assim sendo, ressalta-se a diversidade de aplicabilidade de uma divisão geoambiental, levando em consideração as diversas finalidades dos estudos. Os autores realizaram a divisão de três geoambientes e oito subambientes, considerando os aspectos do solo, vegetação, rochas e relevo.

Sala (2014) realizou uma compartimentação geoambiental na margem esquerda da planície do Rio Ivaí, Paraná, analisando elementos naturais e de uso e ocupação. Foram realizadas análises físicas e químicas dos solos e análise da água de superfície para efetivação de um mapa de unidades geoambientais. A autora identificou cinco unidades geoambientais para área de estudo, que foram divididas conforme as características da paisagem.

Menezes et al. (2011), definiram unidades geoambientais, tendo como objeto de estudo o município de São Pedro do Sul, RS. Diferentemente de grande parte dos estudos geoambientais, os autores representaram a integração das características do meio físico do município, frente as atividades e ocupações humanas, delimitando sete

unidades com características semelhantes. A delimitação dessas unidades permitiu determinar áreas com diferentes potencialidades, aptidões e fragilidades.

Trentin e Robaina (2012) realizaram um mapeamento geoambiental na bacia hidrográfica do rio Itu, no oeste do estado do Rio Grande do Sul. O mapeamento consistiu na divisão de unidades que apresentaram semelhanças marcantes nas características, sobretudo do meio físico. A divisão geoambiental resultou na delimitação de nove unidades com características homogêneas, com a apresentação de suas potencialidades e fragilidades.

Menezes et al. (2011) enfatizam essas características marcantes, como a relação e a integração entre os elementos, agregando ainda reflexões acerca das fragilidades oriundas desta interação, como também a sugestão de alternativas a respeito de um melhor aproveitamento destes espaços, sendo esse na condição de potencialidades.

Utilizando-se de metodologias que levam em conta a análise integrada da paisagem (elementos físicos e sociais), Souza e Cunha (2014) realizaram um estudo de zoneamento em áreas litorâneas. A metodologia foi aplicada no município de Praia Grande, na região metropolitana da Baixada Santista, no estado de São Paulo. Para o município, os autores encontraram 20 unidades, que foram divididas em 13 para o setor da serra e 7 para a área de planície. Os critérios utilizados para a definição das unidades foram a presença da área urbana no município, em como os elementos relacionados, como as formas de relevo, a altimetria e as declividades. Como resultados, evidenciaram os pontos positivos e negativos de cada unidade geoambiental identificada, apresentando as potencialidades e fragilidades.

Estudo semelhante foi realizado por Gomes (2015) na bacia hidrográfica do rio Mundaú, entre os estados de Pernambuco e Alagoas. O autor, em parte de sua pesquisa, realizou o zoneamento da bacia hidrográfica baseando-se na teoria geral dos sistemas e na análise geossistêmica. Como ferramenta, utilizou-se do geoprocessamento para a definição das unidades. Foram identificadas 22 unidades, as quais foram expostas em formato de quadro com as principais características de cada setor identificado, destacando as potencialidades e fragilidades.

Os estudos de zoneamento ambiental, por consistirem em uma ferramenta do planejamento ambiental, são geralmente apresentados destacando-se as principais características de cada setor identificado. Gomes (2015) ressalta ainda que a análise

e o zoneamento de diferentes áreas “servem como subsídio para o ordenamento territorial, permitindo um melhor conhecimento e um melhor aproveitamento das potencialidades ambientais, diminuindo os efeitos negativos ocasionados pelo uso inadequado dos recursos naturais”.

De modo semelhante, Freitas (2016) realizou a compartimentação geoambiental no município de Maranguape, no estado do Ceará. Para a área de estudo foram identificadas 4 unidades geoambientais, cujos critérios para a compartimentação do município partiram de uma abordagem sistêmica, levando em consideração os aspectos naturais e os de ordem antrópica.

Lima (2016) realizou importante estudo na área de cabeceira de drenagem da bacia hidrográfica do Rio das Antas. A autora realizou um mapeamento geomorfológico do alto curso do referido rio, no município de Cruzeiro do Oeste, no Paraná. Seu estudo teve como objetivo principal uma melhor caracterização da área de estudo como subsídio para o sítio paleontológico presente na área rural do município. Foram definidas quatro unidades geomorfológicas, sendo elas: compartimento de topos; de dissecação I; de dissecação II; compartimento de planície. Estudos desse caráter contribuem para pesquisas no âmbito do planejamento ambiental.

Portanto, as metodologias de zoneamento ambiental são aplicadas em bacias hidrográficas (categoria de análise geralmente adotada pelos geógrafos), limites territoriais como estados, municípios e cidades ou em áreas de interesse.

2.4 Fragilidade ambiental

Das últimas décadas aos dias atuais, percebe-se profundas modificações no meio tecnológico, social, econômico e, principalmente, ambiental. Os sistemas ambientais, face às intervenções provocadas por essas transformações, apresentam como resultado maior ou menor fragilidade, que, por sua vez, estão relacionadas às características da área em estudo.

Para Sporn e Ross (2004), qualquer alteração nos diferentes componentes da natureza (relevo, solo, vegetação, clima e recursos hídricos) resultarão no comprometimento da funcionalidade do sistema, que por sua vez, de forma natural, tenderá ao desequilíbrio. A fragilidade ambiental pode ser entendida, portanto, como

a suscetibilidade do ambiente de sofrer intervenções ou de ser alterado. Ainda segundo os autores, quando o estado de equilíbrio dinâmico é quebrado, o sistema pode entrar em colapso, passando então para uma situação de risco. A desestabilização do meio ou do sistema pode ter como indutores tanto processos naturais quanto antrópicos.

Ideia semelhante é apresentada por Tricart (1977) em sua obra intitulada *Ecodinâmica*, que muito contribuiu com os estudos de fragilidade. O autor apresenta a ideia de funcionamento dos ecótopos, em que a dinâmica do meio ambiente atua de forma ativa sobre as biocenoses, que são um conjunto de seres vivos do ecossistema.

Reitera ainda o autor que a gestão dos recursos ecológicos deve ter por objetivo a avaliação do impacto da inserção da tecnologia humana no ecossistema. Desta forma, Tricart (1977) propôs três grandes tipos de meios morfodinâmicos, classificando o ambiente em meios estáveis, intergrades e meios fortemente instáveis.

Os meios estáveis representam as condições em que a paisagem exterior se encontra sob certo equilíbrio, com poucas mudanças; contudo, neste momento tem-se o predomínio da pedogênese, ou seja, a formação dos solos. Para os meios fortemente instáveis, no caso de degradação antrópica, a brusca ativação da morfodinâmica destrói rapidamente os recursos naturais. O processo de desequilíbrio do meio também é conhecido por resistasia. Já os meios intergrades representam a passagem gradual dos meios estáveis para os fortemente instáveis. Ocorre a interferência coerente entre as taxas de morfogênese e pedogênese no mesmo espaço.

Por fim, Tricart (1977) contribui apresentando a ideia do mapa ecodinâmico, em que, por meio da cartografia, se deve apresentar o arranjo do território com a delimitação em áreas ou zonas, considerando a relação com o uso da terra, os solos, clima, hidrografia, relevo e etc.

Desta forma, o emprego do estudo de fragilidade ambiental apresenta-se como um importante instrumento na identificação dos impactos sobre o ambiente, pois através dos resultados serão conhecidas as áreas ou setores que apresentarão uma maior ou menor vulnerabilidade (OLIVEIRA et al., 2008).

Dado o exposto, o conhecimento da fragilidade ambiental representa um papel fundamental para o planejamento ambiental. À medida que os elementos físicos e sociais são analisados de forma sistêmica e integrada, obtêm-se o conhecimento de

áreas com maior ou menor potencial a desestabilização. A definição e o conhecimento dessas áreas ajudam a definir as diretrizes e ações que devem ser implementadas no espaço físico territorial (GRISA, 2014).

De forma semelhante, Ross (1994) salienta que a fragilidade é uma ferramenta que proporciona orientação para a gestão do território e a elaboração do Zoneamento Ecológico Econômico, constituindo um instrumento de planejamento do uso do solo para uma melhor gestão das atividades, visando o desenvolvimento sustentável e o equilíbrio do meio ambiente.

Kawakubo et al. (2005) versam sob essa perspectiva, onde o estudo de fragilidade ambiental constitui-se em uma das principais ferramentas utilizadas pelos órgãos públicos na elaboração do planejamento territorial ambiental. O mapeamento da fragilidade ambiental permite avaliar as potencialidades do meio ambiente de forma integrada, considerando sempre as características naturais com as respectivas restrições.

Como procedimento para o estudo de fragilidade ambiental, Ross (1994) propôs uma metodologia responsável por definir as unidades de fragilidade em potencial e emergente, classificando-as em cinco níveis hierárquicos. As unidades de fragilidade potencial estão associadas à fragilidade natural do ambiente, que embora estejam em equilíbrio, possuem uma instabilidade potencial face às modificações provocadas pelas atividades humanas. Nesta são consideradas o relevo e/ou a declividade da área, bem como o tipo do solo. Já a fragilidade emergente, além de considerar os elementos naturais (relevo, declividade e solo) considera também a forma como o homem se apropria do meio ambiente, ou seja, é considerado o uso e a ocupação. Cabe destacar, ainda, que as aplicações de fragilidade também incluem a chuva e o substrato rochoso. No entanto, em muitos casos, os mesmos não são analisados devido ao tamanho da área de estudo.

A classificação dos níveis hierárquicos é empregada tanto para a fragilidade potencial como para a emergente em cinco níveis, que variam em muito baixa, baixa, média, forte e muito forte.

Grisa (2014) discorre que por muitos anos a identificação das fragilidades eram realizadas *in loco*, com a presença dos pesquisadores colhendo as informações. Todavia, as técnicas de geoprocessamento vêm ganhando força nos estudos ambientais, como exemplo para o mapeamento da fragilidade potencial e emergente.

O emprego de um sistema de informação geográfico (SIG) contribui com a eficácia do trabalho e com a melhor representação do fenômeno em estudo. Contudo, o seu uso não descarta o trabalho de campo. A atividade de campo complementa o trabalho realizado por meio do geoprocessamento.

Bueno (2015), em seu estudo, utilizou-se do geoprocessamento para a avaliação da fragilidade ambiental no município de Guaíra, no estado do Paraná. Foi aplicada metodologia de Ross (1994), classificando o município com a fragilidade potencial e emergente. Para a fragilidade potencial, a autora chegou ao resultado de que grande parte do município estava sob uma fragilidade considerada fraca. Contudo, ao aplicar a fragilidade emergente, chegou-se ao resultado de que mais de 70% do município encontrava-se com uma fragilidade média e com áreas significativas classificadas como alta. Desta forma, fica evidente o papel do uso e ocupação da terra na maior ou menor suscetibilidade a ocorrência da desestabilização do meio ambiente.

Resultado semelhante foi encontrado por Schiavo et al. (2016), que aplicaram o estudo de fragilidade ambiental em uma bacia hidrográfica urbana no município de Santa Maria, no estado do Rio grande do Sul. A princípio, na fragilidade potencial a bacia foi classificada em um estágio entre muito fraca a fraca. Porém, ao correlacionar os elementos com o uso e ocupação da terra para a fragilidade emergente, mais de 60% da área total da bacia foi classificada como fragilidade média ou alta.

Gonçalves et al. (2011) também determinaram em seu estudo a fragilidade ambiental em bacias hidrográficas, tendo como área de estudo a bacia hidrográfica do rio Dourados, localizado ao sul do estado do Mato Grosso do Sul. Neste estudo foi realizada a adaptação da metodologia apresentada por Ross (1994), com mudanças nas classes de declividade e na atribuição de pesos relacionados ao uso e ocupação da terra. Os resultados indicaram, diferente de muitas pesquisas, que a bacia hidrográfica do rio Dourados se encontra em relativa estabilidade entre os elementos físicos e as formas de ocupação, haja visto que os valores em percentuais correspondente às classes de fragilidade alta e muito alta foram inferiores a 1%, tanto para fragilidade potencial como para emergente.

Em estudo realizado por Cabral et al. (2011), determinando a fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Doce, no estado de Goiás, identificou-se que um percentual elevado de fragilidade emergente, evidenciando os desequilíbrios que

processam na bacia. Assim, como destacam os autores, “pode-se afirmar a importância de uma ocupação ordenada nessas áreas”, evitando danos ao meio ambiente.

Desta forma, fica evidente que as fragilidades estão associadas às formas de uso e ocupação do meio e ao uso inadequado dos recursos naturais, e que, portanto, há a necessidade do planejamento ambiental que vise as potencialidades e as fragilidades do meio ambiente.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

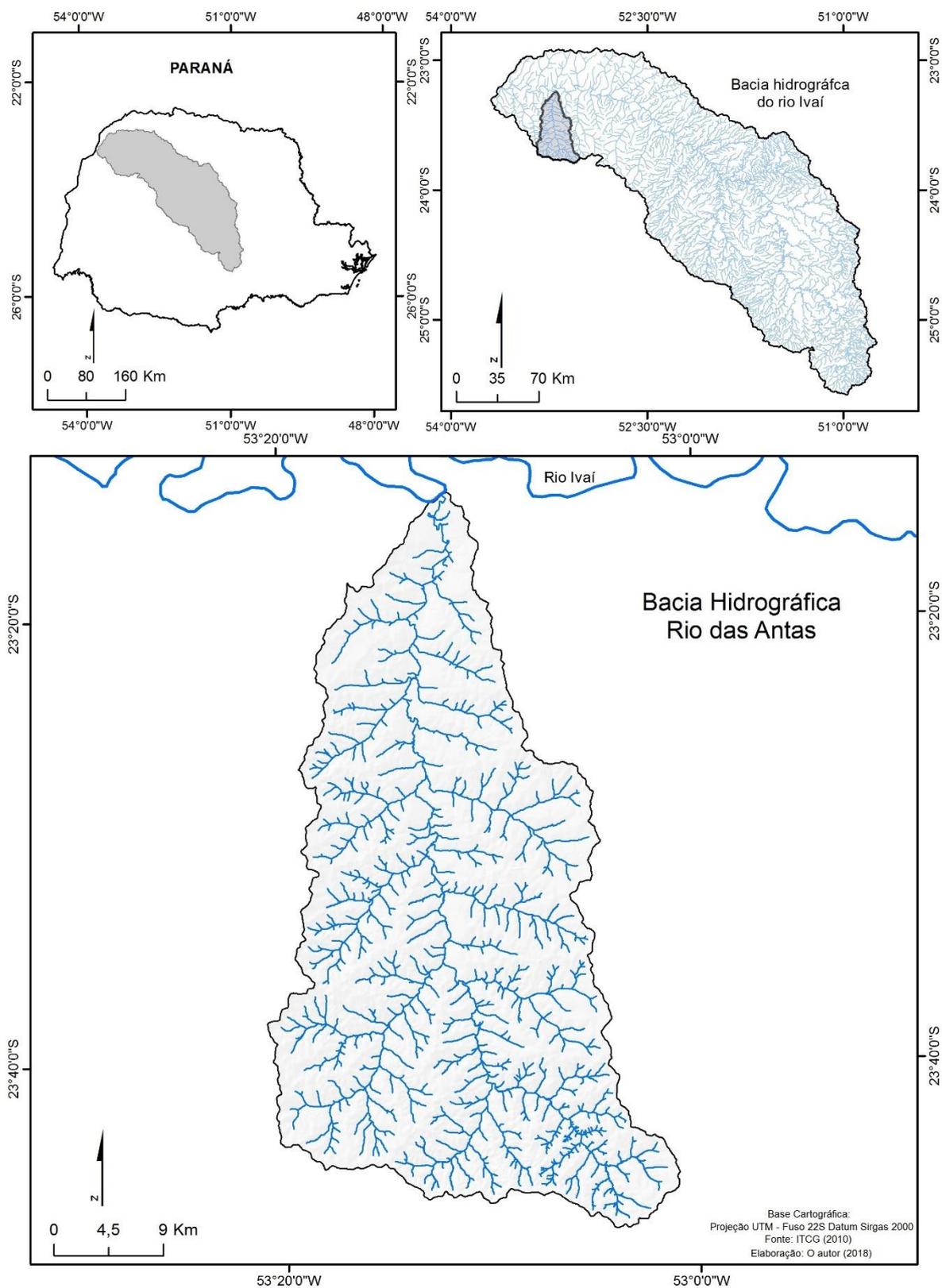
Na caracterização da área de estudo será apresentada a sua localização, bem como os aspectos geográficos gerais que subsidiarão a análise detalhada dos solos, relevo, clima e formas de uso e ocupação da terra.

3.1 Localização

A bacia hidrográfica do Rio das Antas está localizada na porção noroeste do estado do Paraná, sob o Terceiro Planalto Paranaense (MAACK, 2012), entre as coordenadas de 23° 10' 00" S e 23° 50' 00" S de latitude e longitudes de 53° 00' 00" W e 53° 20' 00" W (Figura 1).

A bacia em estudo tem sua nascente no município de Cruzeiro do Oeste, com uma área aproximada de 1.170 km². O rio principal percorre aproximadamente 90 km desde sua nascente até sua foz no Rio Ivaí. Está inserida no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Ivaí, com altitudes que variam aproximadamente de 240 a 520 m.

Figura 1- Localização da bacia hidrográfica do rio das Antas,PR



Fonte: O autor (2018)

3.2 Aspectos geográficos

Quanto às características físicas e naturais da área de estudo, a mesma localiza-se, como mencionado anteriormente, sob o Terceiro Planalto Paranaense, conforme definição apresentada por Maack (2012), que delimitou o estado do Paraná em regiões naturais. De forma geral, a bacia hidrográfica do rio das Antas possui relevo com média e baixa dissecação e vertentes retilíneas e convexas. Segundo MINEROPAR (2006), a área ainda pode ser classificada em uma subunidade morfoescultural denominada de Planalto de Campo Mourão.

A bacia hidrográfica é composta geologicamente por arenitos da Formação Caiuá, formados em um período que se desenvolveu a partir dos últimos derrames de lava vulcânica, e está presente na porção noroeste do estado do Paraná (MAACK, 2012; MINEROPAR, 2001).

De acordo com Fernandes e Coimbra (1994), a Formação Caiuá pode ser classificada em três formações: Goio Erê, Rio Paraná e Santo Anastácio. De forma geral, os depósitos da Formação Goio Erê são caracterizados como arenitos dispostos em estratos tabulares maciços e com estratificação cruzada de médio/pequeno porte. A Formação Rio Paraná corresponde a arenitos bem selecionados, com estratificação cruzada de médio a grande porte. Já a Formação Santo Anastácio é constituída por arenitos, em geral maciços. Reiteram ainda os autores que as três unidades apresentam cores de marrom avermelhado a arroxeadado.

Jabur e Santos (1984) salientam que a Formação Caiuá, no que tange o processo deposicional, podem ser divididas em duas fácies distintas: Fácies Porto Rico (ciclo de sedimentação eólica) e Fácies Mamborê (geneticamente ligadas ao ambiente fluvio-lacustre).

A cobertura pedológica proveniente das rochas da Formação Caiuá é, em sua maioria, composta por solos de textura arenosa/média. Os solos encontrados na área de estudo foram classificados pela EMBRAPA (2018) como: Latossolos Vermelhos; Argissolos Vermelhos e Neossolos Flúvicos. A classe de solos que apresentou maior ocorrência na área de estudo foi a dos Argissolos. Os Latossolos apresentaram maior ocorrência ao montante da bacia hidrográfica, localizados nos topos dos interflúvios. Por fim, têm-se a ocorrência dos Neossolos, (na análise em questão os Neossolos

Flúvicos), presentes as margens do rio das Antas. Estão presentes em relevo plano, associado à área de planície do rio das Antas.

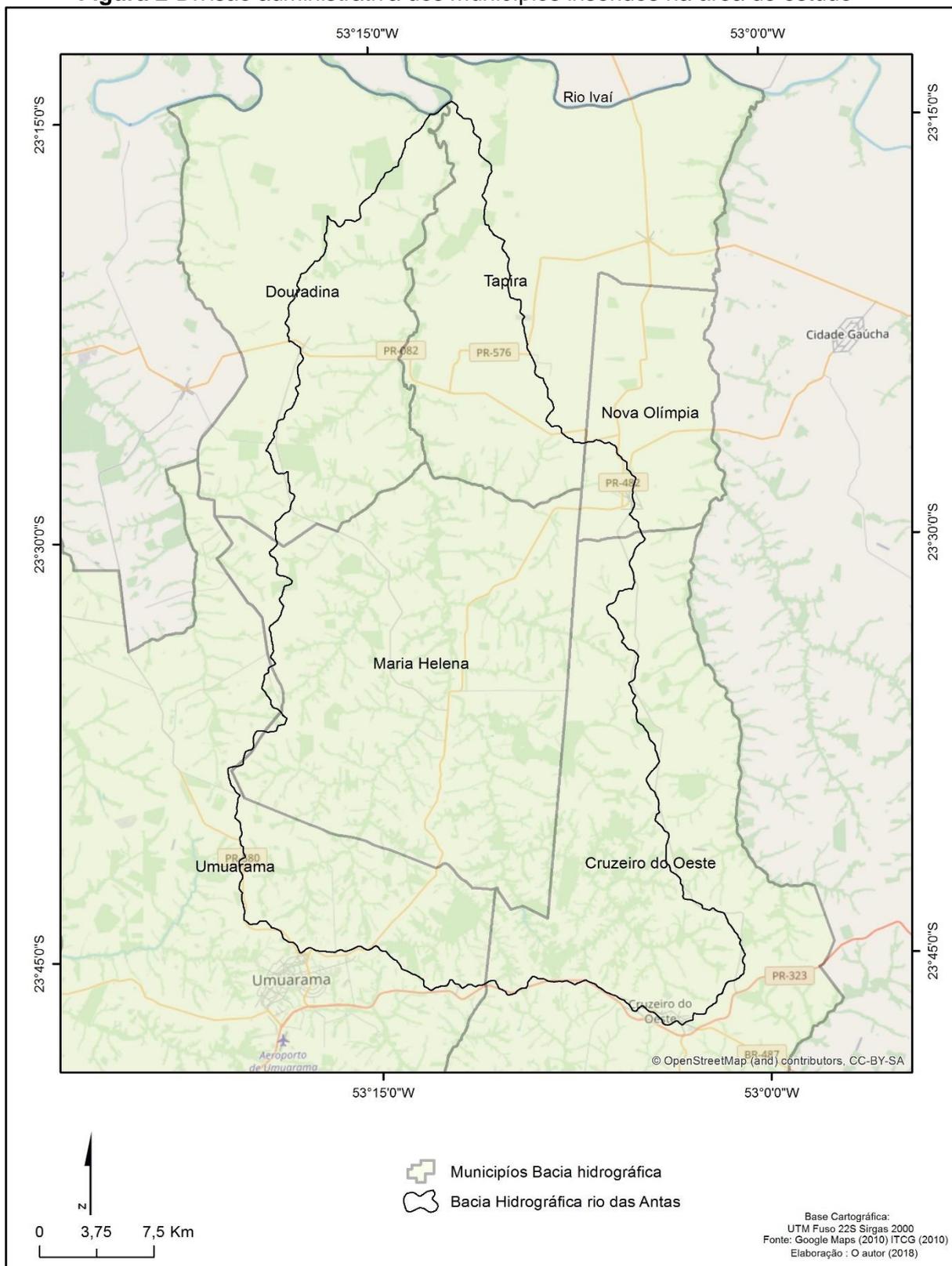
Quanto às condições climáticas, a bacia está condicionada ao clima subtropical úmido mesotérmico, com predominância dos tipos climáticos Cfa e Cwa e, em menor proporção, próximo a foz com o rio Ivaí, o tipo Cfb. Os verões são bem definidos e com temperaturas médias no mês mais quente superiores a 22°C, com precipitações aproximadas de 1500 a 1700 mm e sem a presença de estação seca. Os invernos geralmente são marcados pela queda nos valores de precipitação, enquanto no verão as precipitações são mais frequentes (KÖPPEN, 1948; IBGE, 1978; MAACK, 2012).

Com relação à formação fitogeográfica, a área de estudo originalmente está sob o domínio da Floresta Estacional Semidecidual, possuindo como características a perda parcial das folhas em condições desfavoráveis (RODERJAN et al., 2002). É importante destacar que a mesma se encontra praticamente inexistente, limitando-se às áreas de fundo de vale e nos fragmentos legais.

A área de estudo compreende seis municípios, os quais estão espacializados conforme a figura 02. De acordo com os dados do último censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010), os municípios, somados, possuem uma população de 145.832 habitantes, correspondendo a 1,4 % da população do estado do Paraná.

Os municípios de Umuarama e Cruzeiro do Oeste são os que mais se destacam na área de estudo por possuírem um número maior de habitantes, embora a porcentagem maior da área dos municípios pertencentes à bacia corresponda às cidades de Maria Helena e Douradina. Por possuir um número maior de habitantes, a cidade de Umuarama se destaca como polo regional, atraindo também muitos estudantes (Tabela 01).

Figura 2-Divisão administrativa dos municípios inseridos na área de estudo



Fonte: O autor (2018)

Tabela 1-Dados de população total e área dos municípios da bacia hidrográfica

Município	Área total Km ²	População*	Área do município pertencente a bacia	
			Km ²	%
Tapira	434,371	5.798	161,997	37,3
Maria Helena	486,224	5.932	463,376	95,3
Nova Olímpia	136,347	5.829	20,3328	14,9
Cruzeiro Oeste	775,984	21.237	226,659	29,2
Umuarama	1234,537	109.955	127,584	10,3
Douradina	419,853	8.439	174,93	41,7
População* estimada 2017 (IBGE)				

Fonte: IBGE (2014), ITCG (2018)

Quanto às questões socioeconômicas, a região objeto de estudo está inserida no processo histórico que ocorreu no noroeste paranaense. A empresa que promoveu os parcelamentos do solo da região foi a Companhia de Terras do Norte do Paraná, que mais tarde passaria a se chamar Companhia Melhoramentos Norte do Paraná. As áreas eram divididas de forma estratégica, sendo estruturadas em pequenas e médias propriedades (SERRA, 1993).

Como já citado, as propriedades eram divididas de forma estratégica e perpendicular ao rio. O acesso à propriedade se dava pela estrada principal, localizada no ponto mais alto do lote, paralelamente com estradas secundárias que ligavam o topo até a parte inferior, integrando uma espécie de complexo conhecido como “espinha de peixe”. Desde os primeiros processos de ocupação do território, o café apresentou-se como aliado devido à franca expansão cafeeira.

A partir de 1970, com a modernização do campo e as sucessivas crises no café, houve a substituição da lavoura permanente pela lavoura temporária e, sobretudo as pastagens na região noroeste (FIDALSKI, 1997; MORO, 1991).

Atualmente, a região é ocupada predominantemente por pastagens (atividade pecuária), devido, principalmente, à baixa fertilidade natural dos solos e a elevada suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos. Apresentam-se, também, áreas de lavouras temporárias e permanentes (PAIVA e NOBREGA, 2010; IPARDES, 2012).

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos aplicados nesta pesquisa foram classificados quanto à abordagem, à natureza, aos objetivos e aos procedimentos. Com base nos pressupostos apresentados por Silveira e Córdova (2009), a pesquisa foi classificada da seguinte forma:

- Quanto à abordagem: quantitativa;
- Quanto à natureza: pesquisa aplicada;
- Quanto aos objetivos: descritiva e explicativa;
- Quanto aos procedimentos: pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo e gabinete.

Quanto aos procedimentos específicos, a pesquisa se apoiou na abordagem sistêmica. Buscou-se avaliar e retratar as características dos componentes do meio físico em conjunto com as diferentes formas de uso e ocupação da bacia hidrográfica.

Desta forma, constituindo uma etapa inicial, o levantamento bibliográfico foi realizado, objetivando-se subsidiar o embasamento teórico com os temas pertinentes à pesquisa, bem como o auxílio aos procedimentos técnicos e operacionais do trabalho.

Como parte inicial do processo de investigação, foram utilizados na pesquisa recursos e materiais já disponíveis, como imagens de satélite, cartas topográficas, bases digitais de sítios eletrônicos, bem como trabalhos de campo.

As cartas topográficas disponíveis em meio digital serviram de base para o desenvolvimento da pesquisa. O mapeamento das cartas utilizado na pesquisa foi realizado no ano de 1995 pelo Exército Brasileiro (Departamento de Engenharia e Comunicações) em escala de 1.50.000. Para a área de estudo foram utilizadas as cartas de: Xambrê SF.22-Y-C-V-1; Maria Helena SF. 22-Y-C-V-2; Cruzeiro do Oeste SF.22-Y-C-V-4; Nova Olímpia SF.22-Y-C-II-4 e Ivaté SF.22-Y-C-II-3.

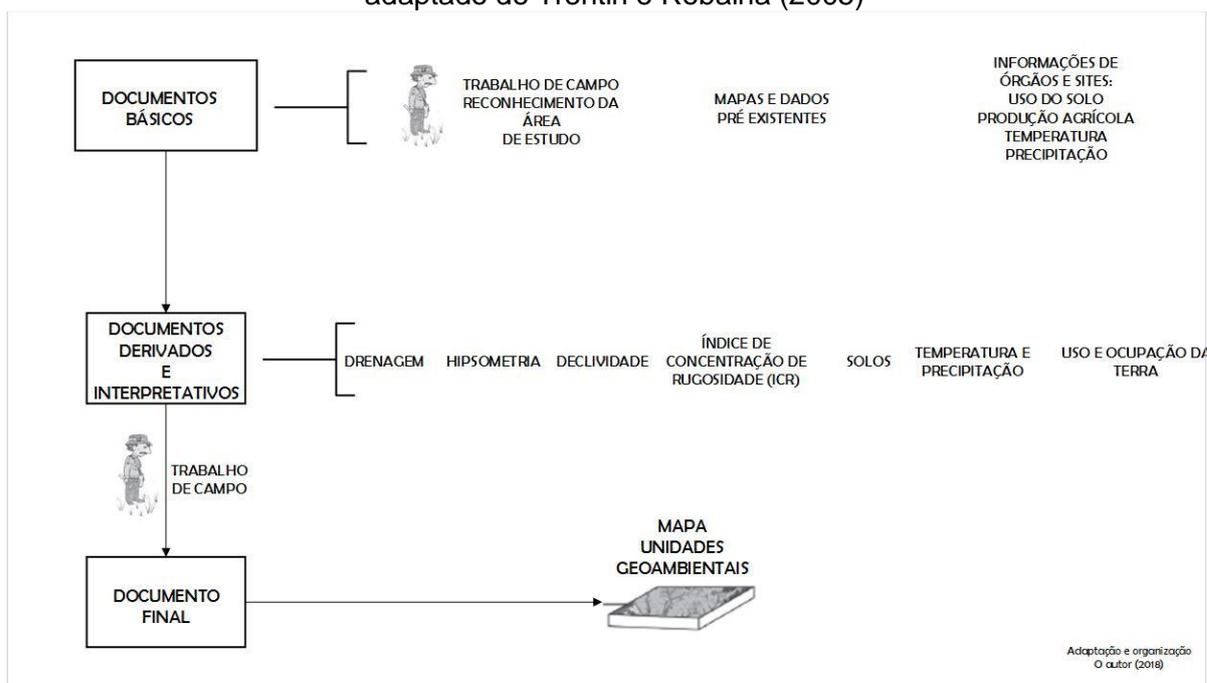
A pesquisa contou também com trabalho de campo realizado de forma investigativa, buscando a identificação da bacia, observando os aspectos físicos e naturais, bem como os de uso e ocupação da bacia hidrográfica do Rio das Antas.

Para alcançar o resultado do mapa final das unidades geoambientais da bacia hidrográfica do Rio das Antas, a pesquisa apoiou-se na metodologia desenvolvida

pelo Laboratório de Geologia Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria (LAGEOLAM-UFSM), desenvolvida por Trentin e Robaina (2005).

A figura 03 ilustra, em forma de um fluxograma, as etapas que foram desenvolvidas para a realização do mapa das unidades geoambientais. A proposta para o mapeamento geoambiental caracteriza-se na possibilidade da divisão da bacia hidrográfica em unidades com características físicas e socioeconômicas homogêneas.

Figura 3- Fluxograma metodológico para elaboração do mapa de unidades geoambientais adaptado de Trentin e Robaina (2005)



Fonte: O autor (2018)

Desta forma, como parte do processo da pesquisa, foi inicialmente realizada a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica com base nos estudos desenvolvidos por Strahler (1964) e Christofolletti (1980). Posteriormente, foi realizada a elaboração dos produtos cartográficos necessários para a identificação das unidades geoambientais da bacia hidrográfica. A elaboração dos mesmos foi subsidiada por observações em campo e nos materiais disponíveis em meio eletrônico, uma prévia das informações e características da bacia hidrográfica, tais como o uso e ocupação, o substrato rochoso, os tipos de solos e as condições climáticas.

A partir das informações obtidas previamente, foi realizada a elaboração e adaptação dos produtos cartográficos, tais como a carta hipsométrica, de declividade, índice de concentração de rugosidade, pedológica, uso da terra e perfis geoecológicos.

Com o intuito de melhor caracterizar as condições climáticas da bacia hidrográfica, foram elaboradas cartas temáticas espacializando as médias anuais de temperatura e precipitação.

Para a definição das unidades homogêneas da bacia hidrográfica do Rio das Antas, foi considerada a inter-relação entre as formas de uso e ocupação e as características físicas presentes na área de estudo, considerando, sobretudo, os aspectos do relevo (altimetria e declividade) e as características dos solos.

Com o objetivo de melhor caracterizar os solos, foi realizada em campo a coleta de amostras e a descrição morfológica, obedecendo à terminologia e critérios propostos por Lemos e Santos (1996). A granulometria, processo que objetivou a determinação da textura dos solos, foi determinada em etapa posterior, em laboratório, conforme a metodologia descrita no Manual de Métodos de Análise do Solo (EMBRAPA, 1997).

No tocante ao mapeamento da fragilidade ambiental, a metodologia seguida foi a proposta por Bonifácio (2013). O mapeamento de fragilidade apresentado baseia-se nos pressupostos de Ross (1994,1996), porém com adaptações na forma de se determinar os valores de fragilidade potencial e emergente. Diferentemente da proposta da Bonifácio (2013), além dos pesos para mata, pastagens e culturas, foram adicionados pesos relativos aos usos de: mata, áreas urbanas, culturas permanentes, culturas temporárias, pastagens, silviculturas, e solo exposto.

Também foi realizada uma análise da evolução do uso da terra em dois pontos com a presença de erosão. Para tanto, foi utilizado o Sistema de Análise Temporal da Vegetação (SATVeg), o qual consiste em uma ferramenta Web disponibilizada gratuitamente para visualização de séries temporais do sensor MODIS. A ferramenta foi desenvolvida pela Embrapa Informática Agropecuária, e tem como possibilidade a visualização dos perfis temporais dos Índices vegetativos NDVI.

A compilação dos resultados e a produção cartográfica foram realizadas com o auxílio dos *softwares* QGIS 2.6.1, ArcGis Free 10.2.2 e CorelDraw X8 versão teste. Os gráficos e as tabelas foram elaborados no *software* Excel 2007.

4.1 Produtos cartográficos

As cartas de hipsometria, declividade e o índice de concentração de rugosidade foram elaboradas com auxílio dos *softwares Qgis 2.6.1 e ArcGis 10.3*. A base cartográfica para a elaboração dos mesmos foi obtida através de dados de imagem SRTM (Suttle Radar Topografic Mission), processadas pela NASA (National Aeronautics and Space Administration).

Por meio da imagem SRTM e em conjunto com as cartas topográficas, foi possível identificar e delimitar o contorno da bacia hidrográfica, bem como a identificação da rede de drenagem.

Desta forma, após a posse dos dados, foi elaborada a carta hipsométrica com a distribuição das altitudes na bacia. Os critérios utilizados para a confecção da carta foram embasados nos pressupostos apresentados por Libault (1975) e Martinelli (1991). Para a melhor representação do relevo, foi estabelecida a divisão de seis classes com um intervalo de 50 metros. As altitudes foram representadas por cores, variando desde tons mais claros, nas baixas altitudes, até tons mais escuros à medida que a altitude vai aumentando, podendo chegar a tons de violeta, representando os pontos mais elevados (LIBAULT, 1975).

Para a análise da declividade da bacia hidrográfica foi aplicada a ferramenta *Slope*, utilizando-se os limites de declividade propostos por Ross (1994): 0 a 3%, 3 a 6%, 6 a 12%, 12 a 20% e 20 a 30%. As cores também obedeceram aos critérios apresentados para a elaboração da carta de hipsometria. As cores mais frias e claras caracterizaram as menores declividades, ao passo que as cores mais quentes e escuras as áreas com maiores declividades.

A carta de índice de contração de rugosidade foi elaborada com base na proposta de Sampaio (2008) e Sampaio e Augustin (2014). O ICR é obtido a partir da transformação do modelo digital de elevação (MDE) em valores de declividade calculados em porcentagem. Posteriormente, o MDE, que configura-se, nesta etapa, em um arquivo *raster*, foi convertido para o formato *shapefile* de pontos (vetorial), contendo, nos seus dados, os valores em x e y correspondendo às coordenadas geográficas e o z ao valor de declividade em porcentagem. O ICR é elaborado a partir do arquivo em pontos com a aplicação do Estimador de Densidade por Kernel. O valor do raio utilizado para a área de estudo foi de 564m (indicado pela metodologia), por

apresentar uma melhor resposta para a área de estudo. As cores empregadas para a representação foram as mesmas utilizadas pela proposta do autor.

O mapa de solos da bacia hidrográfica do Rio das Antas foi obtido utilizando como base os levantamentos já existentes da EMBRAPA (2008), disponibilizados em formato digital do tipo *shapfile* (**shp*) no sítio eletrônico do Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG), em escala de 1:250.000. As adaptações do arquivo digital para a elaboração do mapa foram realizadas utilizando o software *Qgis 2.6.1*, e posteriormente finalizadas no *ArcGis 10.3* e no *Corel Draw X8*.

Para a elaboração das cartas de distribuição da precipitação pluviométrica e da temperatura média da bacia hidrográfica foi utilizado o programa *ArcGis 10.3*. Inicialmente foi realizada a pesquisa e busca de postos de coleta dos dados de pluviosidade e de temperatura. Os dados referentes à pluviosidade foram obtidos através do *sítio eletrônico* Águas Paraná, do Instituto das Águas do Paraná. Os dados foram referentes aos municípios de Umuarama, Cruzeiro do Oeste, Maria Helena, Douradina, Nova Olímpia e Tapira, entre os anos de 1997 a 2017.

Por sua vez, os dados de temperatura foram adquiridos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e no Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), com periodicidade igual aos dados de precipitação. Os postos (estações meteorológicas) em que foi possível a obtenção dos dados e que melhor representariam para a área de estudo foram os de: Umuarama, Icaraíma, Cidade Gaúcha, Cianorte e Paranavaí.

A confecção das cartas (temperatura e precipitação) deu-se mediante o uso do programa *ArcGis 10.3*, aplicando a ferramenta de interpolação por meio do método de Krigagem. O método de Krigagem foi utilizado por ser considerado o mais apropriado para a representação adequada dos fenômenos geográficos (SOARES, 2006; SILVA et al., 2010)

A carta de uso e ocupação da terra foi representada com base na imagem de satélite Landsat 8, por meio do sensor OLI, com órbita e ponto correspondente a 223 e 76. A imagem possui data de passagem em 22/05/2018, e foi obtida através do sítio eletrônico do U.S Geological Survey (USGS-GLOVIS, 2018).

Como parte do processo de elaboração da carta de uso da terra, após o tratamento da imagem e o recorte da área de estudo, foram identificadas as diferentes formas de uso e ocupação presentes na bacia hidrográfica, na qual foram posteriormente coletados múltiplos pontos de amostragem para a realização da

classificação supervisionada. O trabalho de campo também foi realizado anteriormente à elaboração do mapa para o melhor conhecimento dos usos presentes na bacia. O mapa em questão foi elaborado no *software ArcGis 10.3*.

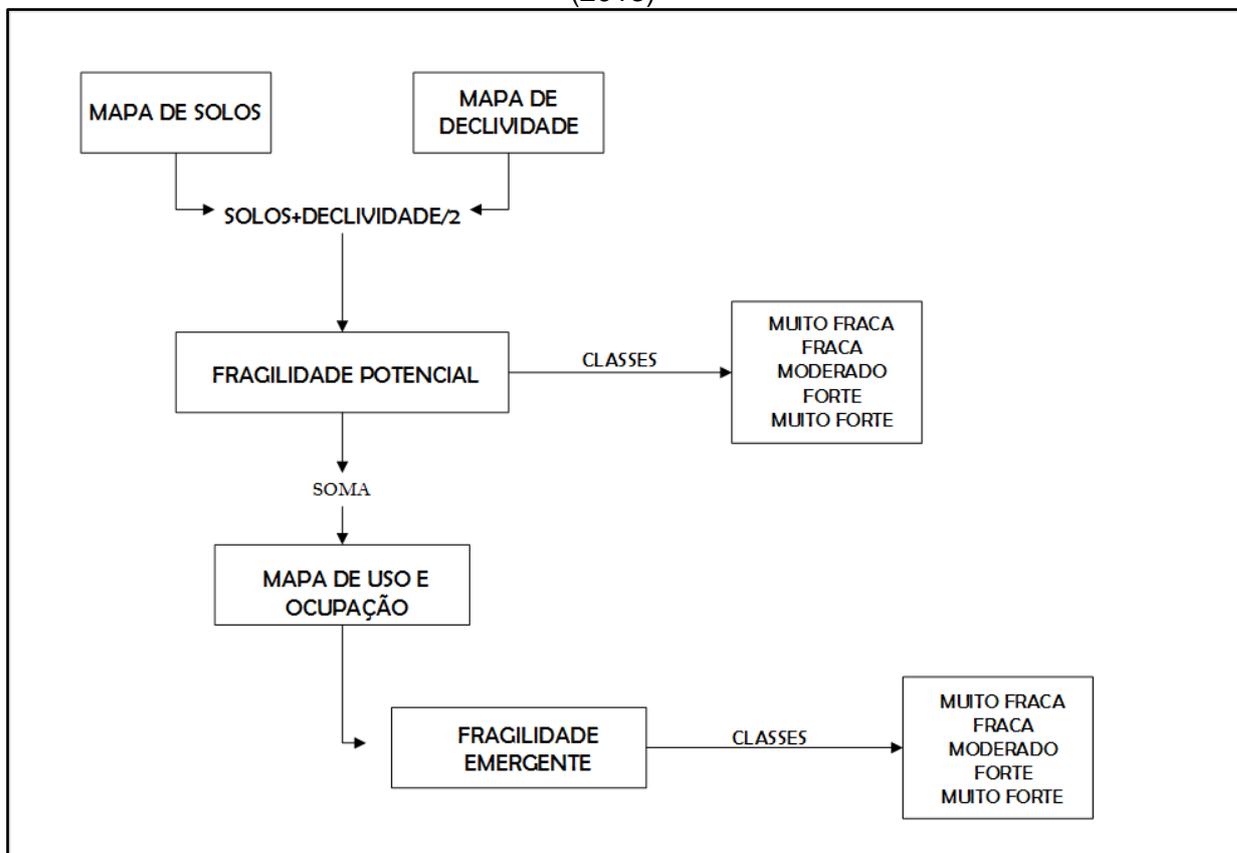
As classes encontradas foram: áreas urbanas; cultivos permanentes; cultivos temporários; pastagens; silviculturas; vegetação densa e ou mata ciliar; solo exposto. Rios e lagos foram contabilizados no quadro com as áreas de cada uso, porém não foram trabalhados como forma de uso e ocupação da terra. Segundo o Manual de Uso da Terra, IBGE (2013), as áreas acima elencadas são definidas por apresentarem as seguintes características:

- Áreas urbanas: áreas correspondentes às cidades ou onde predominam as superfícies artificiais não agrícolas;
- Cultivos permanentes: representados por áreas onde o cultivo de plantas é perene, isto é, de ciclo vegetativo de longa duração.
- Cultivos temporários: representados por áreas onde ocorre a presença do cultivo de plantas de curta ou média duração, que deixam o terreno disponível para o novo plantio.
- Pastagens: áreas que são destinadas ao pastoreio de gado, formadas mediante plantio de forragens perenes. A atividade que é exercida neste tipo de área é representada normalmente pela pecuária de corte.
- Silvicultura: áreas representadas pelo trato e cultivo de povoamentos florestais, estruturando e conservando as florestas como fornecedoras de matéria prima para a indústria madeireira.
- Vegetação densa/ mata ciliar: correspondem às áreas que apresentam as formações originais e formações secundárias distribuídas por diferentes ambientes e situações geográficas.
- Solo exposto: esta categoria foi levada em consideração na presente pesquisa devido à expressiva presença de áreas que apresentam solo exposto. Esta condição, na maior parte dos casos, pode ser verificada ou pela substituição de cultura ou pelo período entre as plantações.

Em relação à elaboração do mapa de fragilidade, seguiu-se os princípios metodológicos da proposta de Bonifácio (2013), com ajustes e adaptações. A figura

04 apresenta, em forma de organograma, as etapas do mapeamento da fragilidade potencial e emergente.

Figura 4-Esquema metodológico para mapeamento das fragilidades proposto por Bonifácio (2013)



Fonte: O autor (2018)

A proposta apresentada por Bonifácio (2013) considera o solo e suas características como elementos definidores da classe de fragilidade potencial. Dessa forma, a declividade passou a ser o elemento que hierarquiza o grau de fragilidade dentro da classe.

Justifica-se a escolha da autora em considerar o solo como elemento definidor da fragilidade potencial por configurar-se como possuidor de um nível de integração maior dos elementos constituintes do ambiente físico ao longo do tempo, assumindo um papel de destaque na indicação da fragilidade. Destaca-se ainda o papel da textura do solo como elemento que influencia na erodibilidade, tendo em vista que os diferentes percentuais das partículas areia, silte e argila no solo resultam em diferentes graus de resistência à desagregação por ação da água da chuva.

Para a determinação da fragilidade potencial, propõe-se a adoção de pesos para as classes de declividades e solos. Desta forma, a classificação da fragilidade potencial é obtida por meio da soma dos pesos dos elementos (solo + declividade) e da média aritmética resultante, podendo ser muito fraca, fraca, moderada, forte e muito forte. Na figura 05 são apresentados as classes de solos e os valores correspondentes ao grau de fragilidade de cada solo. Na área de estudo foram utilizados os pesos 1, 2, 4, e 5.

Figura 5-Grau de fragilidade de cada solo

Classe	Solos
1	Latossolo Vermelho Férrico, Latossolo Vermelho textura argilosa
2	Latossolo Vermelho textura média
3	Nitossolo Vermelho textura argilosa
4	Argissolo Vermelho textura arenosa/média, Argissolo Vermelho abrupto textura arenosa/média
5	Neossolos – Gleissolos

Fonte: Bonifácio (2013)

Quanto às classes de declividade, foram distribuídas conforme a figura 06. Para a bacia hidrográfica foram utilizadas as classes 1,2,3 e 4. A última classe corresponde a declividades superiores a 30%, não encontradas na bacia do Rio das Antas.

Figura 6-Grau de fragilidade das classes de declividade

Classe	Declividade
1	< 6%
2	6% a 12%
3	12% a 20%
4	20% a 30%
5	> 30%

Fonte: Ross (1996)

Desta forma, a fragilidade potencial é o resultado da média obtida entre a adição das classes de solo e de declividade. As categorias são: muito fraca, fraca, moderada, forte e muito forte (figura 07).

Figura 7-Classificação da fragilidade potencial

Tipo de solo	Classe de declividade	Soma	Média	Categoria
1	1	2	1,0	Muito Fraca
1	2	3	1,5	Fraca
1	3	4	2,0	
1	4	5	2,5	Moderada
1	5	6	3,0	
2	1	3	1,5	
2	2	4	2,0	Fraca
2	3	5	2,5	
2	4	6	3,0	Moderada
2	5	7	3,5	Forte
3	1	4	2,0	Fraca
3	2	5	2,5	Moderada
3	3	6	3,0	
3	4	7	3,5	Forte
3	5	8	4,0	
4	1	5	2,5	
4	2	6	3,0	Moderada
4	3	7	3,5	
4	4	8	4,0	
4	5	9	4,5	Forte
5	1	6	3,0	Moderada
5	2	7	3,5	Forte
5	3	8	4,0	
5	4	9	4,5	Muito Forte
5	5	10	5,0	

Fonte: Bonifácio (2013)

Para a obtenção da fragilidade emergente é considerada a carta de fragilidade potencial mais a soma da carta de uso e ocupação da terra. Porém, foram atribuídos pesos a cada tipo de uso e ocupação da terra (quadro 01). Na metodologia proposta por Bonifácio (2013) foram atribuídos pesos somente na classe de uso com mata, pastagens e culturas em geral, sem considerar o uso.

No entanto, na presente pesquisa foram realizados ajustes quantos aos pesos e aos usos, considerando desta forma que há diferenças de pesos quando comparados, por exemplo, um cultivo de laranja e um cultivo de mandioca e/ou cana-de-açúcar. Os critérios para os ajustes foram considerados inicialmente os mesmos utilizados pela autora, resultando nos seguintes pesos: zero para mata, meio para a pastagem e um para culturas. Contudo, optou-se por acrescentar mais classes relativas aos usos e diferenciar os valores das culturas, afim de se ter um maior detalhamento e maior resposta no tocante às condições de ocupação e uso da terra.

Quadro 1-Classificação do uso e ocupação da terra e seus pesos

Uso e ocupação da terra	Pesos
Áreas urbanas	0,5
Culturas permanentes	1
Culturas temporárias	1,5
Pastagens	0,5
Silvicultura	0,5
Solo exposto	1,5
Vegetação densa	0

Fonte: Adaptado de Bonifácio (2013)

É importante ressaltar que as informações relacionadas ao clima, em especial as precipitações, também constituem um fator de grande relevância para a análise da fragilidade ambiental, ao passo que exercem um papel ativo na desestabilização do meio ambiente. No entanto, esta variável não foi correlacionada com as demais em função do tamanho da área de estudo. Na parte cinco serão expostos gráficos que possibilitarão perceber diferenças nas médias anuais de uma localidade para outra, porém o regime no qual a bacia se encontra possui similaridade quanto ao padrão da distribuição das chuvas ao longo do ano. Os períodos secos correspondem aos meses de inverno, onde há uma diminuição nos valores de precipitação. Já os períodos quentes correspondem aos meses do verão, ocorrendo um acréscimo nos valores de precipitação.

Junto à produção cartográfica da fragilidade potencial, serão apresentadas, de forma pontual, os processos erosivos mais representativos na bacia hidrográfica do Rio das Antas. A identificação dos processos erosivos foi realizada com auxílio do *Google Earth* em escala de 1.5000, levando-se em conta apenas a ocorrência, isentando-se a consideração dos estágios em que se encontravam.

Na área de estudo foram realizados perfis geoecológicos que pudessem representar os compartimentos geoambientais identificados. Os perfis foram elaborados a partir da investigação em campo e por meio das bases digitais mapeadas em ambiente do SIG (Sistema de Informação Geográfica). A construção dos perfis foi realizada no *Qgis 2.6.1* e as informações sobre os elementos da paisagem foram adicionadas com o auxílio do *Corew Draw X8* versão teste.

Os perfis geoecológicos são uma forma de representar a estrutura da paisagem sob a perspectiva horizontal e vertical. Através de sua utilização, é possível analisar a paisagem e fazer diversas correlações com os diversos elementos que compõem a paisagem. Segundo Troppmair (1989), citado por Levighin e Viadana (2002), o perfil geoecológico é uma técnica utilizada para representar os elementos bióticos e abióticos da paisagem. Os perfis são representados por transectos distribuídos de maneira sequencial, permitindo uma leitura vertical e horizontal dos elementos da paisagem, sendo possível integrá-los e correlacioná-los.

4.2 Análise morfométrica

Quantos aos atributos hidrográficos utilizados para o levantamento morfométrico, foram considerados os de densidade de drenagem, índice de circularidade, hierarquia fluvial, fator forma, índice de rugosidade e declividade média. Os cálculos e a análise para a área de estudo foram realizados no *software ArcGis Free 10.2.2* e posteriormente organizados no *Excel 2010*.

A hierarquia fluvial consiste no processo de classificação dos cursos de água de uma bacia hidrográfica. Para a área de estudo foi aplicada a hierarquização dos canais proposta por Strahler (1964). Para o autor, os menores canais, sem os tributários, são considerados como de primeira ordem. Os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, recebendo canais apenas de primeira ordem. Os canais de terceira ordem surgem na confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber tanto canais de primeira ordem como de segunda ordem. A regra se aplica, assim, sucessivamente.

A densidade de drenagem (Dd) é expressa pela relação entre a soma de todos os comprimentos dos cursos d'água (em km) pela área total da bacia hidrográfica. É determinada pela seguinte equação:

$$Dd = Lt / A$$

Onde:

Dd - densidade de drenagem, km/km²;

Lt - comprimento total de todos os cursos d'água, em km;

A - área da bacia.

O cálculo da densidade de drenagem é importante, segundo Christofolletti (1980), na análise das bacias hidrográficas, tendo em vista que o dado representa a relação inversa com o comprimento dos rios. À medida que aumenta o valor numérico da densidade, há uma diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem. Stevaux e Latrubesse (2017) afirmam que a densidade de drenagem se apresenta como um importante instrumento para o controle da eficiência do escoamento, tendo sua relação direta com o tipo do relevo, tipo de rocha e solo, cobertura vegetal e as formas de uso e ocupação.

Para o índice de circularidade (Ic) tem-se a equação:

$$Ic = A/Ac$$

Onde:

Ic – Índice de circularidade;

A – Área da bacia;

Ac – Área de um círculo de perímetro igual ao da bacia.

O índice de circularidade proposto por Miller em 1953 (citado por CHRISTOFOLETTI, 1980), consiste na relação existente entre a área da bacia e a área do círculo de perímetro igual ao da bacia em estudo.

O fator forma (Ft) é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia, desde a foz até o ponto mais longínquo do espigão. Foi calculado pela seguinte equação:

$$Ff = A/L^2$$

Onde:

Ff – Fator forma;

A – Área da bacia;

L² – Comprimento do eixo da bacia.

Segundo Villela e Mattos (1975), uma bacia com o fator forma do tipo baixo indica que a mesma está menos sujeita a enchentes que outra, de mesmo tamanho, porém com o fator forma maior.

O índice de rugosidade (I_r) foi proposto inicialmente por Melton, em 1957 (citado por CHRISTOFOLETTI, 1980), para expressar a relação entre as qualidades de declividade e o comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, demonstrada por meio da seguinte equação:

$$I_r = H/Dd$$

Onde:

I_r – Índice de rugosidade;
 H – Amplitude altimétrica;
 Dd – Densidade de drenagem.

A declividade média (D_m) indica as relações entre a energia e a intensidade da atuação dos processos morfogenéticos na bacia. Segundo Lima (1986), para o cálculo são levados em consideração o somatório das curvas de nível, a equidistância vertical entre as curvas de nível e a área da bacia. A equação é expressa da seguinte forma:

$$D_m = (\sum C_n \cdot E_q / A) \cdot 100$$

Onde:

D_m – Índice de rugosidade;
 C_n – Somatório das curvas de nível;
 E_q – Equidistância entre as curvas;
 A – Área da bacia.

Para o índice de sinuosidade, a equação é expressa por:

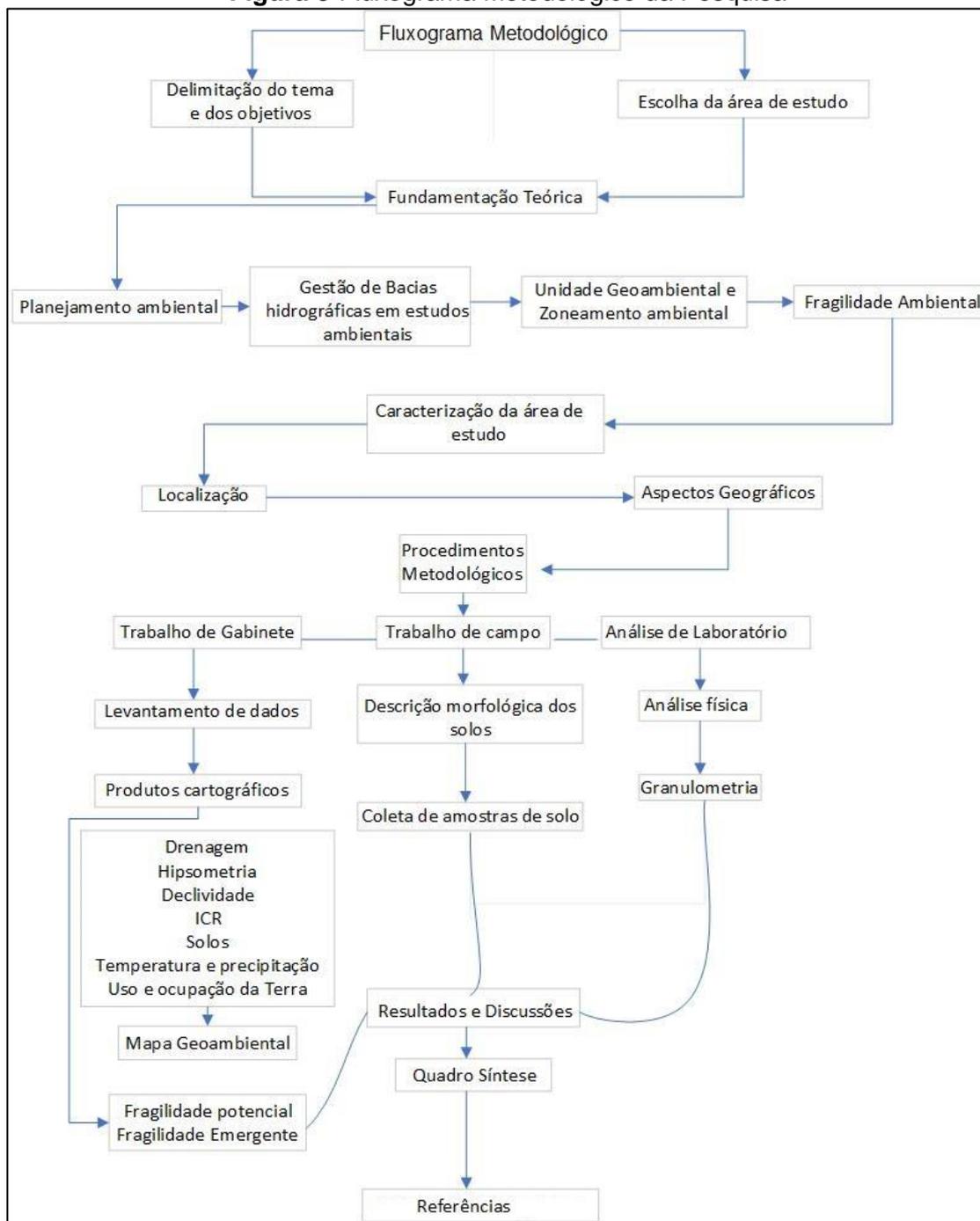
$$I_s = C_{cp} / d_v$$

Onde:

I_s – índice de sinuosidade;
 C_{cp} – Comprimento do canal principal, em km;
 d_v – Distância vetorial, em Km.

A síntese dos processos metodológicos da pesquisa fora sistematizada e representada pela figura 08.

Figura 8-Fluxograma Metodológico da Pesquisa



Fonte: O autor (2018)

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da bacia hidrográfica do Rio das Antas partiu da integração dos resultados obtidos nesta etapa da pesquisa, sendo possível, assim, a definição de unidades geoambientais na bacia hidrográfica. Como parte deste processo, inicialmente será apresentada a caracterização morfométrica da bacia do Rio das Antas e, posteriormente, a discussão dos outros parâmetros físicos e humanos (geográficos) presentes na bacia, como a hidrografia, o solo, o relevo, o clima e as formas de uso e ocupação da terra. Também será apresentada a fragilidade potencial e emergente da área de estudo, bem como um quadro síntese com as principais características presentes na área de estudo.

5.1 Análise morfométrica

O padrão de drenagem e a disposição dos cursos hídricos de uma bacia hidrográfica, segundo Trentin (2007), atuam como registro das alterações ocorridas em tempos passados e/ou atuais, podendo ser provenientes de processos naturais como também antrópicos. Nos casos de ordem natural, as variáveis que mais se destacam são as disposições e tipos de camadas rochosas presentes, bem como sua resistência, a declividade, a geomorfologia e os tipos de solos.

A bacia do Rio das Antas possui um padrão de drenagem dentrítico, muito comum para as regiões norte e noroeste do estado do Paraná. Possui uma hierarquia fluvial de 6ª ordem, com orientação de sul a norte. Na parte sul, encontram-se os setores elevados, e na parte norte está presente a foz do Rio das Antas. O canal principal percorre, desde a nascente até a sua foz, um total de 86,45 km.

A tabela 02 apresenta os resultados dos principais índices morfométricos obtidos para a caracterização da bacia hidrográfica do Rio das Antas.

Tabela 2-Atributos de análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio das Antas,PR

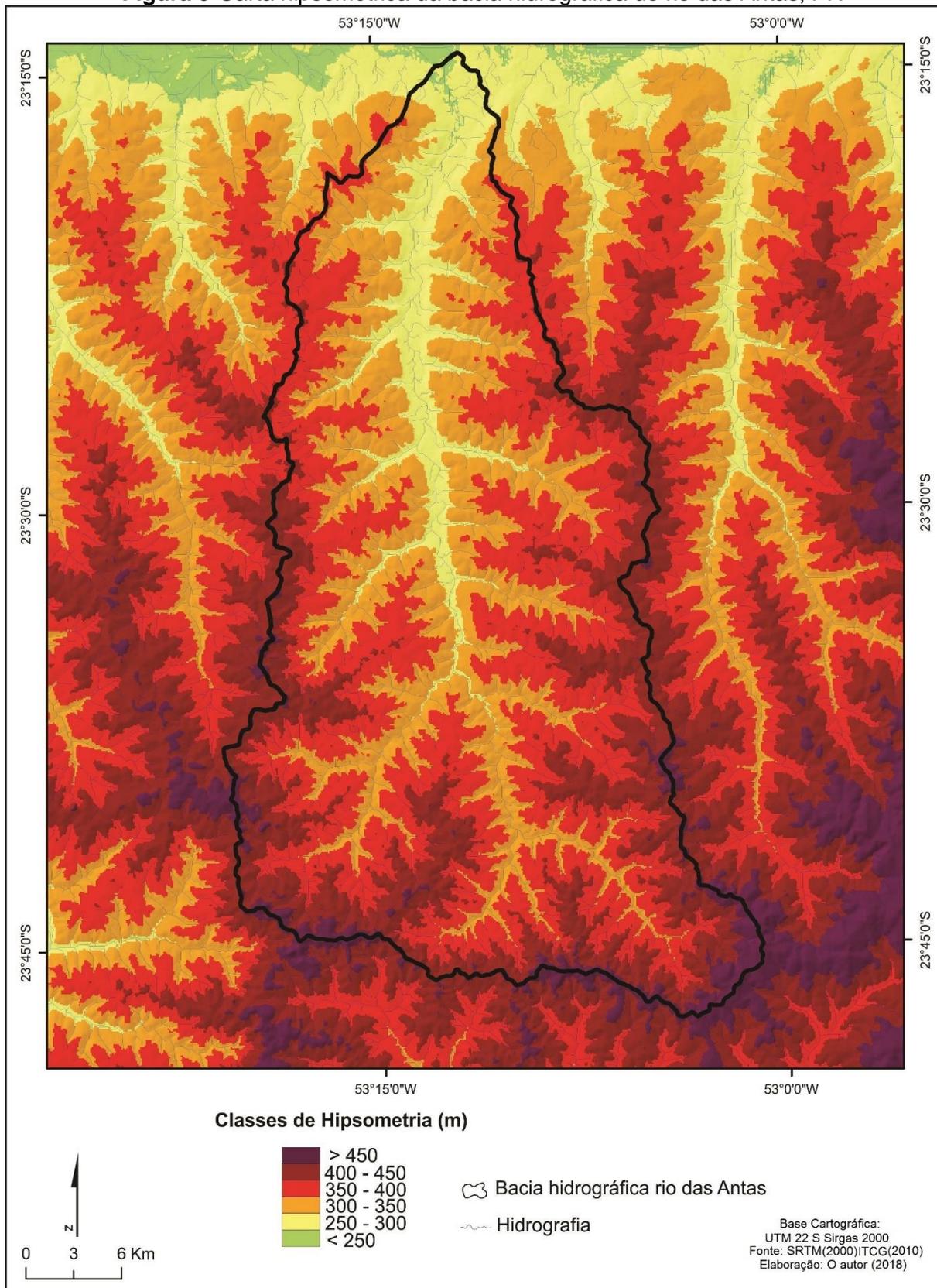
DADOS OBTIDOS	UNIDADES
Área da bacia	1174,71 Km ²
Perímetro da bacia	187,26 km
Altitude máxima	518 m
Altitude mínima	243 m
Altitude média	365 m
Comprimento do canal principal	86,45 Km
Densidade de drenagem	0,854 Km/Km ²
Índice de circularidade	0,421
Índice de sinuosidade	1,292
Índice de rugosidade	234,85
Declividade média	7%
Fator forma	0,281
Ordem	Número de canais
1 ^a	617
2 ^a	139
3 ^a	36
4 ^a	9
5 ^a	2
6 ^a	1
Total	804

Fonte: O autor (2018)

A bacia hidrográfica do Rio das Antas drena uma área de 1174,71 Km², possuindo um perímetro total de 187,26 km de extensão. Sua parte mais elevada está sobre a altitude máxima de 518 m e altitude mínima de 243 m, junto ao Rio Ivaí. A figura 09 apresentada a seguir representa a carta hipsométrica da bacia hidrográfica do Rio das Antas. A altitude média da bacia é de 365 metros.

As maiores cotas foram encontradas nos divisores de água, sobretudo nas localidades dos municípios de Cruzeiro do Oeste e Umuarama (400 a 450m). Em porcentagens significantes, as classes de 300 a 400 m foram localizadas no setor médio da área de estudo, entre os setores mais elevados dos interflúvios e os setores mais baixos, correspondentes ao canal principal. Por fim, com grande representatividade, tem-se as classes abaixo de 300 m, as quais estão associadas aos setores, sob influência dos cursos hídricos somados à dinâmica do canal principal.

Figura 9-Carta hipsométrica da bacia hidrográfica do rio das Antas, PR



Fonte: O autor (2018)

A bacia hidrográfica do Rio das Antas apresentou uma densidade de drenagem de 0,854 Km/Km². Os estudos realizados por Villela e Mattos (1975), analisando a densidade de drenagem de maneira quantitativa, apontaram que valores inferiores a 0,5 Km/Km² indicam bacias com baixa densidade de drenagem.

Em classificação semelhante, apresentada por Beltrame (1994), valores de densidade que se encontram entre as classes de 0,5 a 2,00 km/km² são classificados como média densidade de drenagem. Desta forma, a bacia hidrográfica do Rio das Antas pode ser caracterizada como medianamente drenada.

Para o índice de circularidade, o valor encontrado foi de 0,421. Os valores acima de 0,51 indicam que a bacia tende a ser mais circular, favorecendo os processos relacionados a cheias e inundações. Desta forma, pode-se observar que a bacia do Rio das Antas apresenta-se como uma bacia ligeiramente alongada e não circular, apresentando parâmetros medianos.

Quanto ao fator forma, a bacia apresentou 0,281, ou seja, mais próximo a 0, deste modo, é possível classificá-la com uma rede de drenagem alongada. Os valores que se aproximam de 1 para o fator forma, indicam a existência de uma bacia hidrográfica com forma circular.

O índice de sinuosidade relaciona o comprimento real do canal principal, desde sua nascente até sua foz, com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre os dois pontos extremos (VILLELA e MATTOS, 1975). Os valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a se comportar de forma retilínea. Para a bacia hidrográfica do Rio das Antas, o valor encontrado de 1,292 demonstra que os cursos possuem padrão retilíneo.

De forma geral, a análise dos atributos morfométricos permitiu inferir as principais características morfométricas da bacia do Rio das Antas, apresentando rede de drenagem de formato alongado e cursos d'água com padrão retilíneo.

5.2 Análise do relevo

A bacia hidrográfica do Rio das Antas, conforme exposto anteriormente na tabela 01 e na figura 09, apresenta uma amplitude altimétrica de 365 m, sendo que a cota maior se encontra a 518 m, e a cota mais baixa a 243 m.

Um atributo importante para o estudo e análise do relevo é a declividade, que representa a inclinação do relevo. As cartas de declividade auxiliam interpretações em estudos de vertentes relacionadas principalmente aos processos erosivos. Vertentes que possuem altas declividades estão mais sujeitas a ocorrência dos processos erosivos.

Para a área de estudo foram encontrados valores que variaram de 0% até 21%, e uma declividade média de 7% (Figura 10). De forma geral, há um certo padrão nas declividades encontradas para a área de estudo, com exceção de algumas localidades.

O setor correspondente às cabeceiras de drenagem e à nascente do Rio das Antas apresenta os maiores valores de declividade (> 20 e 12-20%) quando comparado ao restante da bacia. Neste setor, as vertentes são mais curtas, há uma maior densidade de drenagem e o relevo é mais dissecado.

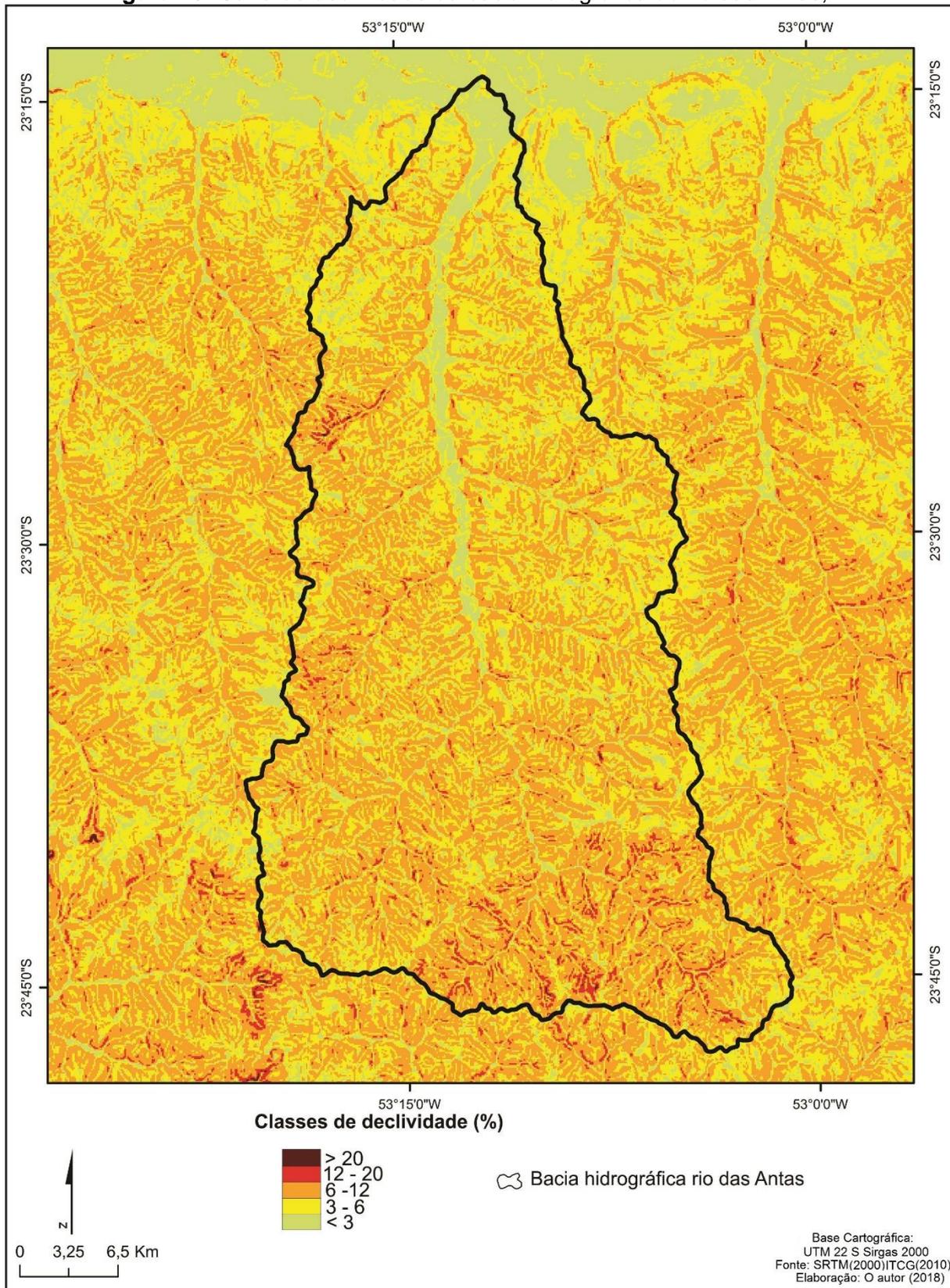
No setor médio da bacia, em direção à jusante, encontram-se declividades de altas a moderadas (12-20 e 6-12%), com vertentes mais “alongadas” quando comparadas com o setor a montante. Destaca-se, no setor médio, a ligeira diferença de declividade entre a porção a leste do curso d’água do Rio das Antas e a porção Oeste. A margem esquerda do setor médio da bacia hidrográfica apresentou declividades maiores; já na margem direita, as declividades são representadas pelas classes de moderadas a baixas, de 6 a 12 e 3 a 6 %.

As menores declividades, por fim, podem ser vislumbradas no baixo setor, a jusante da bacia hidrográfica (3-6 e < 3%). Neste setor, as vertentes são mais longas, e o relevo pouco dissecado se destaca por apresentar a foz do Rio das Antas, junto ao Rio Ivaí.

A figura 11 expressa a carta do Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) para área de estudo.

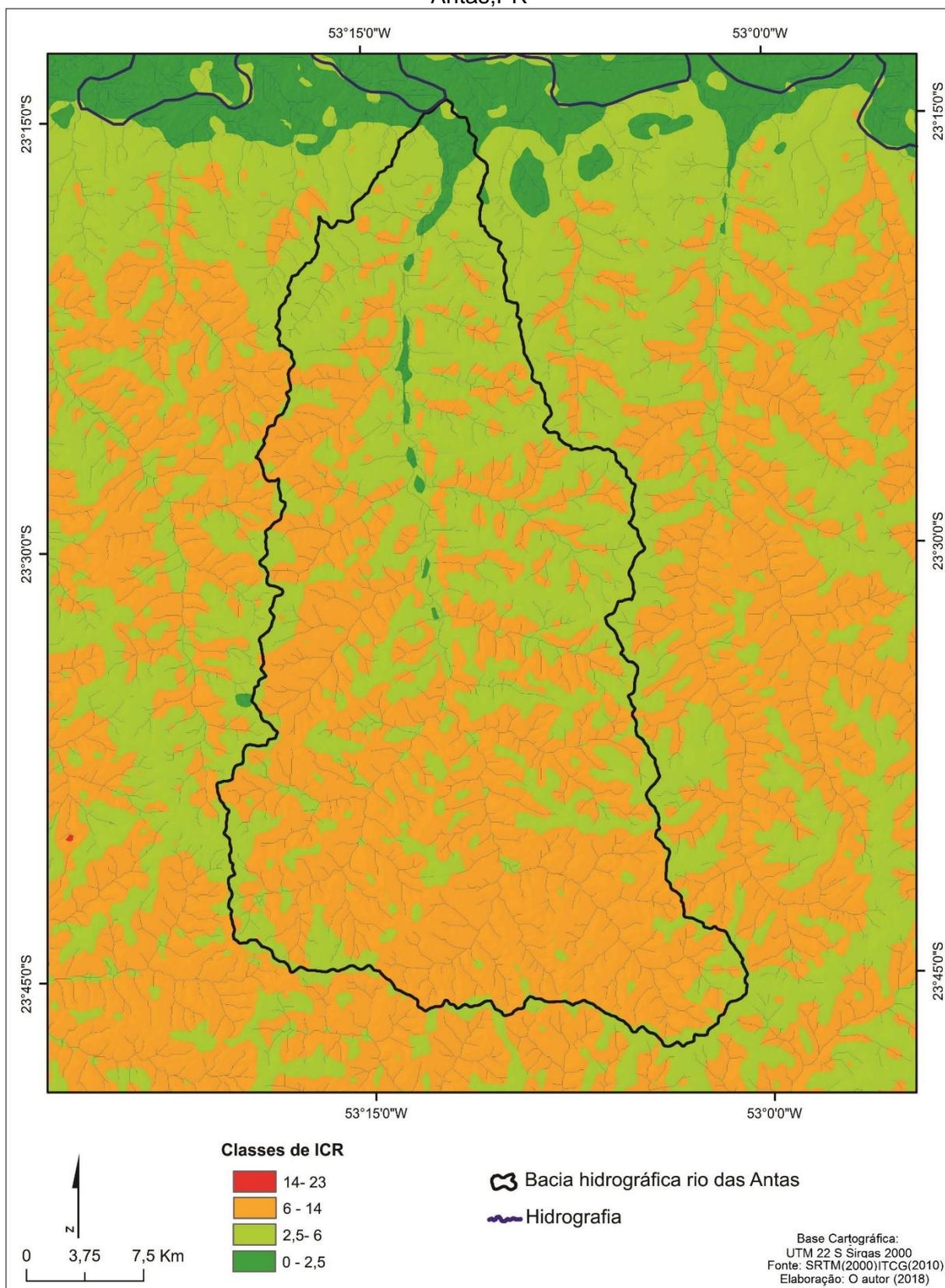
De modo geral, por meio da análise do ICR, foi possível observar a sua relação com os valores de declividade. As áreas mais dissecadas apresentaram os maiores valores no padrão de rugosidade, enquanto as localidades mais planas, representadas pela planície do rio e os topos de interflúvio, apresentaram os menores valores de ICR, apontando, desta forma, um padrão proporcional ao de declividade.

Figura 10- Carta de declividade da bacia hidrográfica do rio das Antas, PR



Fonte: O autor (2018)

Figura 11-Carta do Índice de concentração de rugosidade da bacia hidrográfica do rio das Antas,PR



Fonte: O autor (2018)

A rugosidade mais acentuada foi verificada no setor a montante da bacia hidrográfica, próximo aos municípios de Cruzeiro do Oeste e Umuarama, os quais apresentaram os maiores valores de declividade. De forma contrária, o setor do baixo curso da bacia hidrográfica foi o que apresentou os menores valores, próximo ao município de Tapira e parte de Douradina. De forma geral, os maiores valores de ICR foram localizados no setor a montante da bacia e na margem esquerda do Rio das Antas.

A carta de ICR tem sua contribuição à análise do relevo, pois por meio dela é possível observar os padrões de rugosidade da superfície, permitindo realizar compartimentações do relevo a medida das rugosidades identificadas.

5.3 Análise da cobertura pedológica

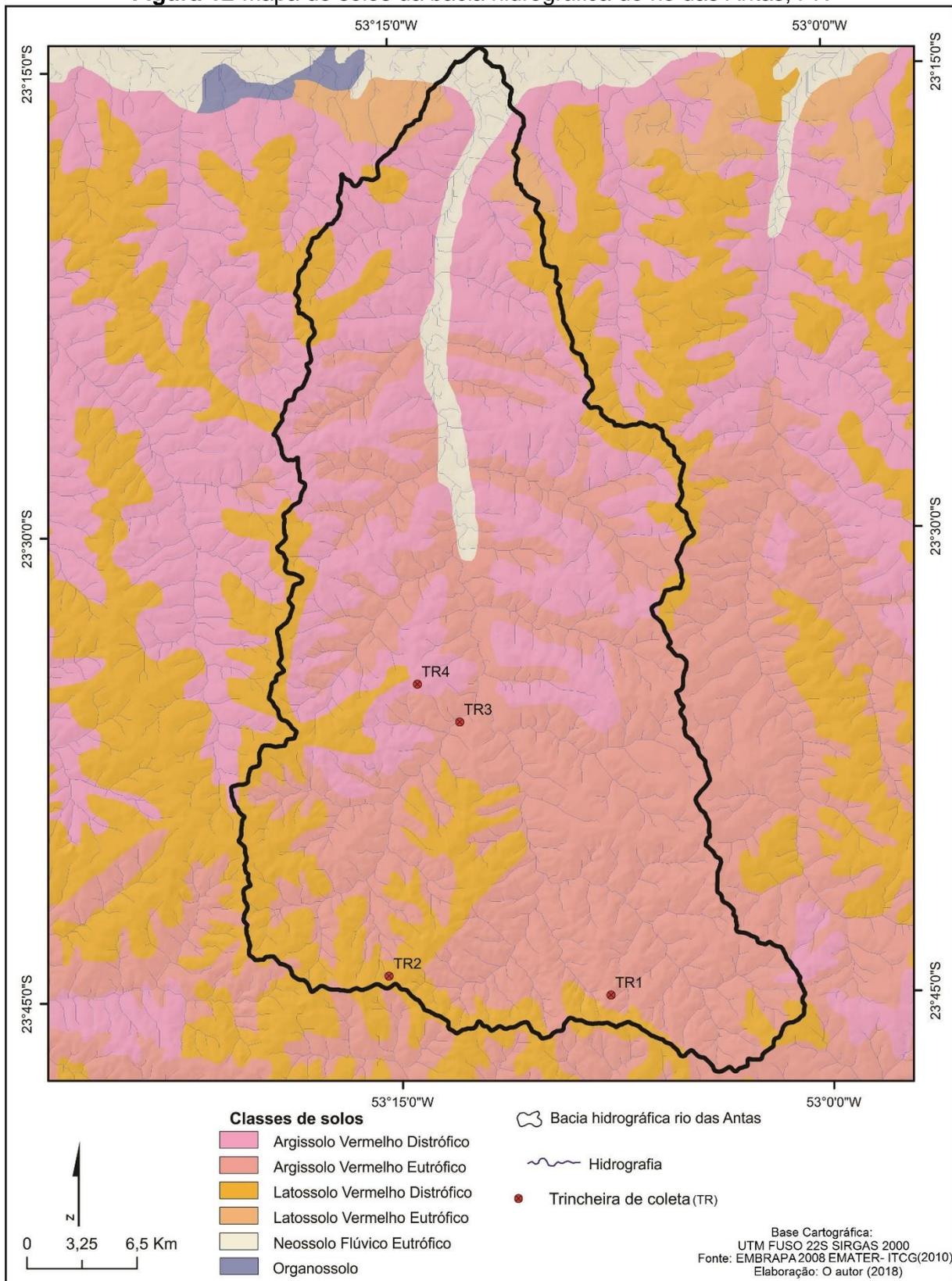
Sabe-se que as rochas se configuram como elementos primordiais no processo de formação dos solos. Como referenciado anteriormente neste trabalho, a área de estudo está localizada sobre as rochas areníticas que compõem a Formação Caiuá, que recobrem a porção noroeste paranaense.

Os solos derivados desse substrato rochoso são caracterizados por perfis de solos de textura média e arenosa. De acordo com o mapa de solos da área de estudo, verificou-se em toda a extensão da bacia hidrográfica três grupos de solos: Latossolos Vermelhos; Argissolos Vermelhos e Neossolos Flúvicos (Figura 12).

De forma geral, a classe de solo que apresentou a maior ocorrência (79%) na área de estudo foram os Argissolos Vermelhos de textura média. Com base no mapa de solos, os Argissolos se dividem em dois tipos: Argissolo Vermelho distrófico típico e o Argissolo Vermelho eutrófico abrupto.

Já os Latossolos têm sua ocorrência a montante da bacia hidrográfica, localizados nos topos dos interflúvios. Na área de estudo, conforme a carta de solos, também foram encontrados dois tipos de Latossolos: os de caráter distrófico e os de caráter eutrófico.

Figura 12-Mapa de solos da bacia hidrográfica do rio das Antas, PR



Fonte: O autor (2018)

Por fim, têm-se a ocorrência dos Neossolos Flúvicos Eutróficos, que têm sua ocorrência às margens do Rio das Antas. Estão presentes em relevo plano, associados à área de planície de inundação do referido rio.

Em campo foi realizada a coleta para análise granulométrica das frações minerais do solo e a descrição morfológica (apêndices) que foram localizadas na Figura 12 (TR1, TR2, TR3 e TR4). Além das classes de solos mapeadas pela EMBRAPA, foi possível verificar a ocorrência do Neossolo Quartzarênico, que quando analisado em escala de 1:250000, acabou não sendo representado.

Os Neossolos Quartzarênicos foram identificados na baixa vertente, no seu terço final, tendo sua origem ligada aos depósitos advindos dos setores mais elevados da vertente. Não foram coletadas amostras indeformadas do Neossolo Flúvico, devido às dificuldades encontradas em campo.

O Latossolo e o Argissolo foram classificados como de textura média, e o Neossolo Quartzarênico como arenoso. No subgrupamento textural (Tabela 03), conforme Embrapa (2018), os horizontes diagnósticos apresentaram textura média-arenosa para o Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho típico; textura média-argilosa para o Argissolo Vermelho Abrupto; e muito arenosa para o Neossolo Quartzarênico.

Os Argissolos, são solos que possuem alto grau de suscetibilidade, e a transição abrupta entre os horizontes potencializa esta suscetibilidade. Isto ocorre pela diferença do gradiente textural entre os horizontes E e Bt, sendo o E horizonte de perda e o Bt horizonte de acúmulo. Esta mudança abrupta entre os horizontes resulta na diminuição da infiltração da água, favorecendo o escoamento subsuperficial sobre o horizonte Bt. Carvalho (1994), ao realizar uma classificação da suscetibilidade dos solos do noroeste do Paraná, classificou os Argissolos de moderada a forte quanto à suscetibilidade.

Diversos estudos também versam sobre a suscetibilidade aos processos erosivos dos Argissolos em função da diferença textural entre os horizontes A, E e Bt (FASSOLO, et. al., 1988; CARVALHO, 1994; CUNHA et al., 2008; MEDEIROS et al., 2018). Os Neossolos também são solos muito suscetíveis à erosão devido ao alto teor da fração areia, tornando o solo muito friável e sem estrutura, favorecendo a ocorrência dos processos erosivos (PRADO e NOBREGA, 2005; CAETANO, 2006. SOUZA e GASPARETTO, 2012; EMBRAPA, 2018).

Tabela 3- Análise granulométrica e classificação textural

Granulometria (%)						
Trincheira 1 (TR1)	Horizonte	Profundidade	Argila	Silte	Areia	Textura
<u>Argissolo</u> <u>Vermelho Abrupto</u>	A	0-30 cm	9,2	8	82,8	Arenosa- média
	E	30-60 cm	4,6	5,9	89,6	Muito arenosa
	Bt	60- 82 cm	20,5	5,8	73,7	Média -argilosa
	Bw1	82- 141 cm	14,4	5,6	80	Média - arenosa
	Bw2	141 cm >	12,8	6	81,1	Arenosa- média
Granulometria (%)						
Trincheira 2 (TR2)	Horizonte	Profundidade	Argila	Silte	Areia	Textura
<u>Latossolo</u> <u>Vermelho</u>	Ap	0 -37 cm	7,9	6,3	85,8	Arenosa- média
	AB	37 - 64 cm	11,3	5,4	83,4	Arenosa- média
	Bw1	64- 105 cm	13,2	5,1	81,7	Média- arenosa
	Bw2	105cm >	14,1	4,7	81,2	Média - arenosa
Granulometria (%)						
Trincheira 3 (TR3)	Horizonte	Profundidade	Argila	Silte	Areia	Textura
<u>Neossolo</u> <u>Quartzarênico</u>	Ap	0 -40 cm	3,1	6,4	90,6	Muito arenosa
	C1	40 - 65 cm	5,2	6,5	88,3	Muito arenosa
	C2	65- 130 cm	6,3	6	87,6	Arenosa- média
	C3	130cm >	8,3	5,9	85,9	Arenosa- média
Granulometria (%)						
Trincheira 4 (TR4)	Horizonte	Profundidade	Argila	Silte	Areia	Textura
<u>Argissolo</u> <u>Vermelho típico</u>	A	0-20 cm	2,8	5,9	91,3	Muito arenosa
	E	20-62 cm	4,4	6,7	88,9	Muito arenosa
	Bt1	62- 104 cm	15,4	9,3	75,3	Média-arenosa
	Bt2	104 - 174 cm	17,3	8,4	74,3	Média -arenosa
	Bt3	174 cm >	20	9,4	70,7	Média- argilosa

Fonte: O autor (2018)

5.4 Análise climática

Quanto às condições climáticas presentes na área de estudo, a bacia hidrográfica do Rio das Antas caracteriza-se pelo clima subtropical úmido mesotérmico. Como já descrito na pesquisa, os verões são bem definidos, com médias no mês mais quente superior a 22°C. Os invernos são geralmente marcados pela queda nos valores de temperatura.

Por meio da análise espacial das chuvas, identificou-se que a precipitação pluviométrica média anual varia de 1531mm a 1725mm (Figura 13). A bacia apresenta o maior valor médio anual na área pertencente ao município de Umuarama. A precipitação, conforme figura 12, tende a aumentar de norte para o sul, com exceção do setor sul da bacia, na porção correspondente ao município de Cruzeiro do Oeste.

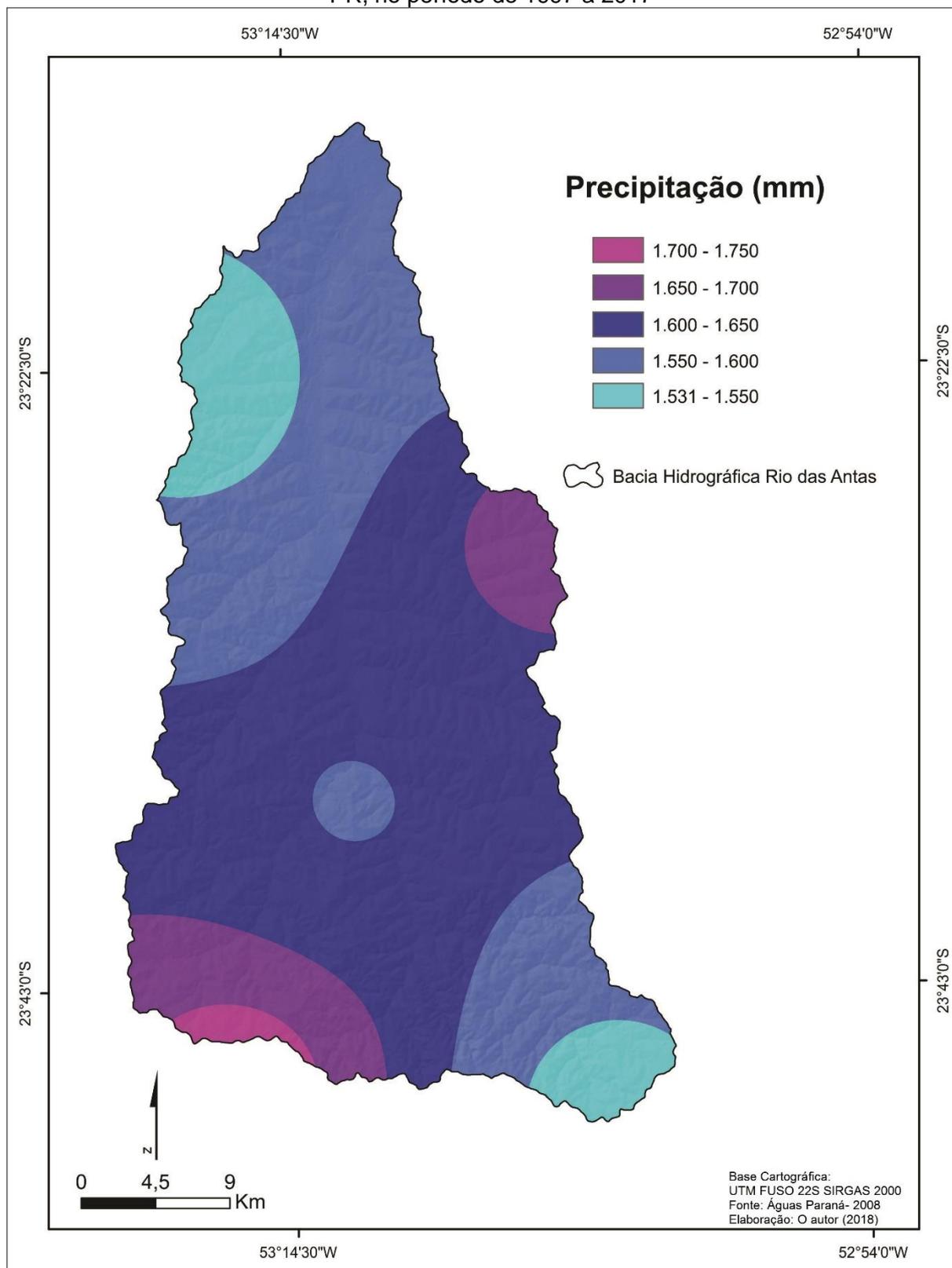
De maneira geral, as regiões mais elevadas da bacia, nos interflúvios, em altitudes médias superiores a 400 metros, apresentaram os valores de 1650mm a 1725mm. A porção central da área de estudo, com altitudes médias de 300 a 400 metros, apresentaram valores médios de precipitação anual de 1550mm a 1650mm. Estas áreas correspondem aos municípios de Maria Helena (em sua totalidade) e em menor proporção a parte sul dos municípios de Nova Olímpia, Tapira e Douradina.

Já os menores valores médios anuais de precipitação (entre 1531 mm e 1600 mm) ocorreram nas porções mais baixas da bacia hidrográfica, cujas altitudes variam de 243 a 350 metros. Este setor corresponde à parte norte da bacia, próximo a foz do Rio das Antas com o Rio Ivaí.

Desta forma, na unidade da bacia hidrográfica, os maiores valores de precipitação corresponderam às partes mais elevadas da bacia, com as cotas mais elevadas.

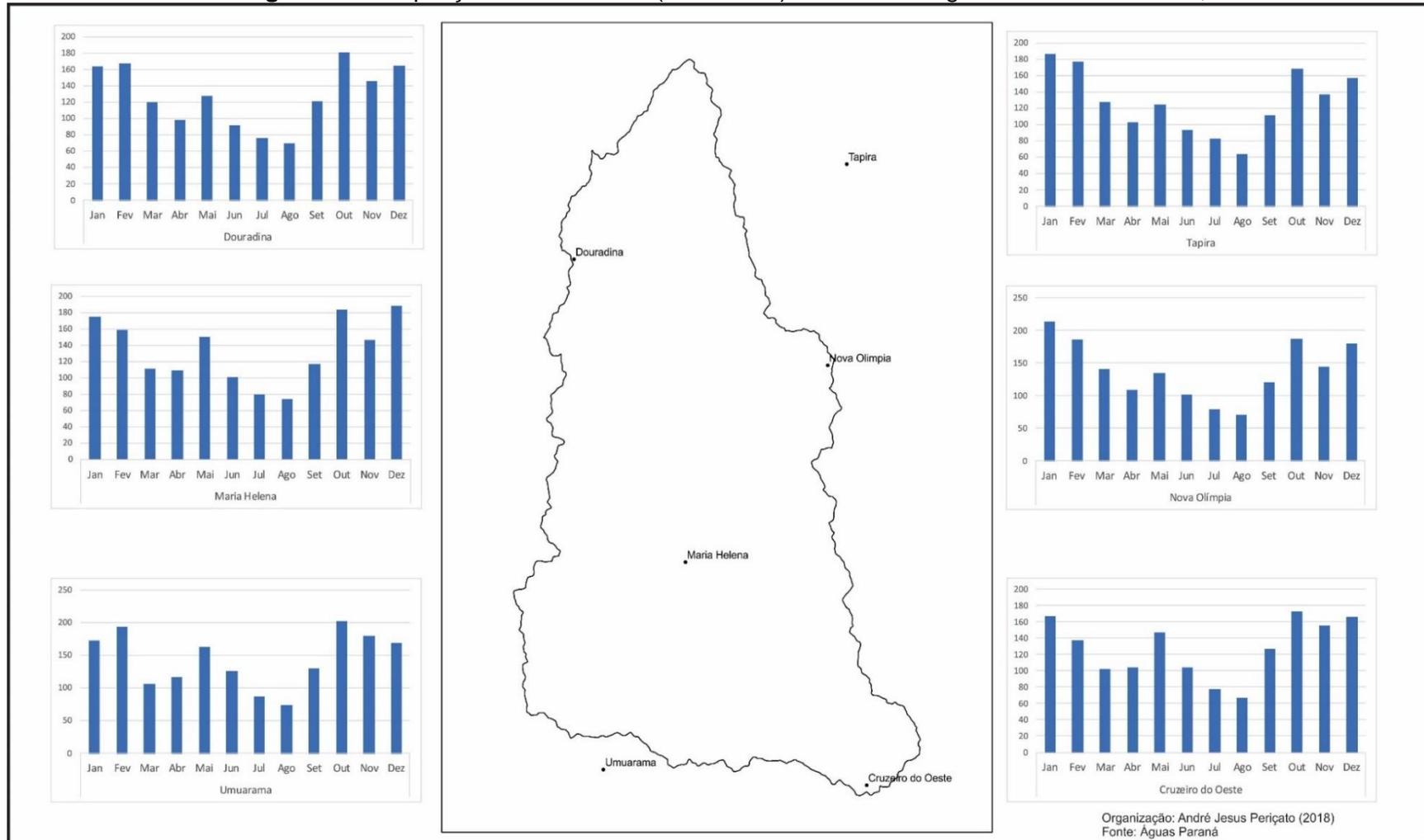
Os valores médios sazonais de precipitação na bacia hidrográfica (Figura 14) mostram que a precipitação nos períodos de verão e primavera foram os mais significativos, apresentando valores mensais de 100 mm a 220 mm.

Figura 13-Distribuição espacial da média anual de pluviosidade da bacia do rio das Antas, PR, no período de 1997 a 2017



Fonte: O autor (2018)

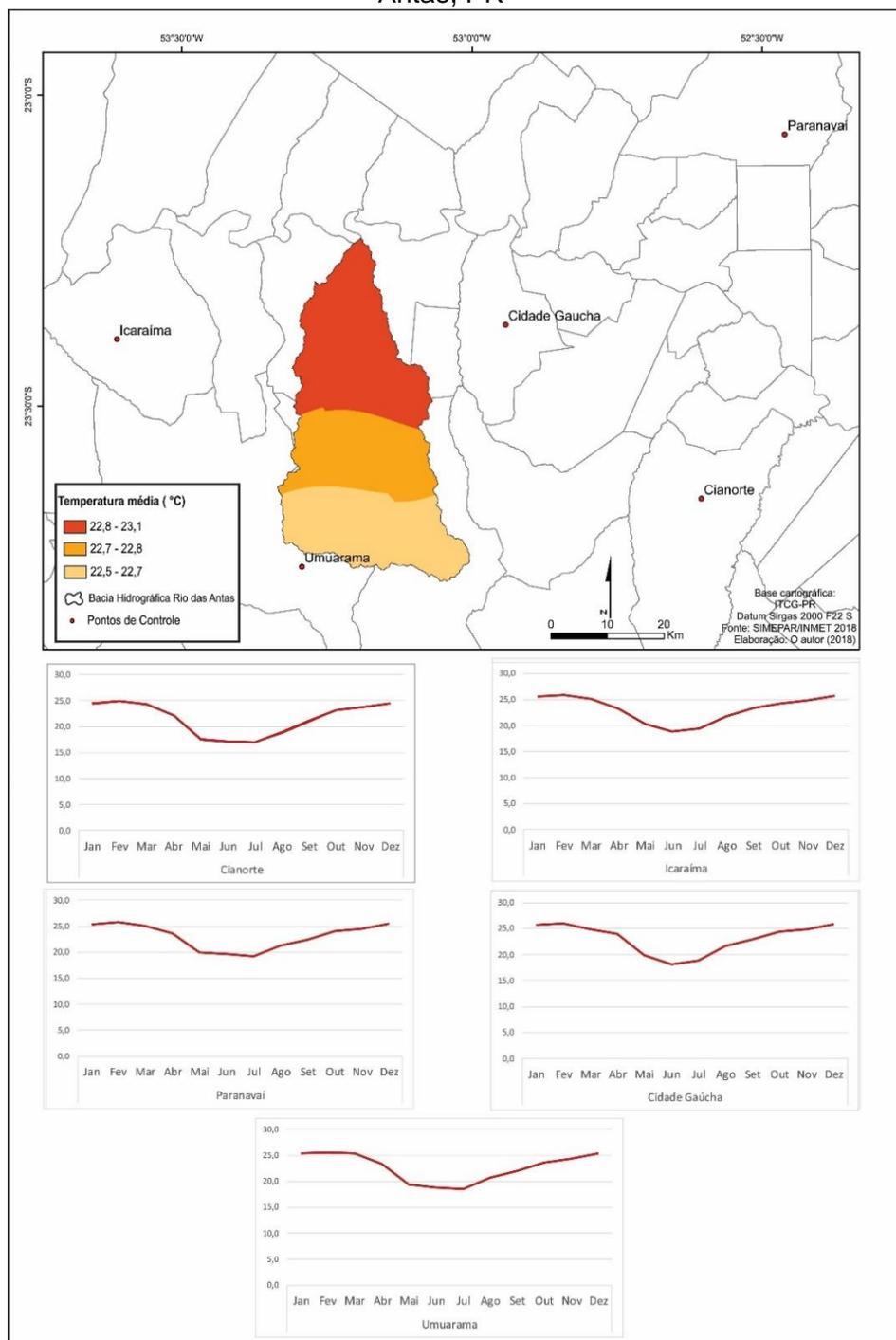
Figura 14-Precipitação média mensal (1997-2017) da bacia hidrográfica do rio das Antas, PR



Fonte: O autor (2018)

Os períodos correspondentes às estações do outono e inverno apresentaram um padrão mais seco, com a diminuição nos valores pluviométricos. Os valores oscilaram de 70 mm a 140 mm. O mês mais chuvoso na série histórica na bacia hidrográfica foi o mês de janeiro, e o mês mais seco correspondeu ao mês de agosto.

Figura 15-Distribuição espacial da temperatura média anual da bacia hidrográfica do rio das Antas, PR



Fonte: O autor (2018)

Para a temperatura, conforme a figura 14, foi observada uma pequena variação da média anual compreendida entre 22,5°C a 23,1°C. O efeito do relevo produzido na distribuição das chuvas na bacia hidrográfica também foi observado para a variação da temperatura. Os maiores valores foram encontrados nos setores de menor altitude, e o menor valor ocupou o setor sul da bacia, correspondente ao interflúvio, apresentando os maiores valores de altimetria.

A temperatura nos postos de coleta que são próximos à bacia hidrográfica apresentou um padrão nos valores ao longo do ano. Os maiores valores corresponderam às estações do verão e primavera, e os menores valores aos períodos de outono e inverno. O trimestre com as temperaturas mais baixas foi o de maio, junho e julho na série histórica.

5.5 Análise do uso e ocupação da terra e atividades econômicas

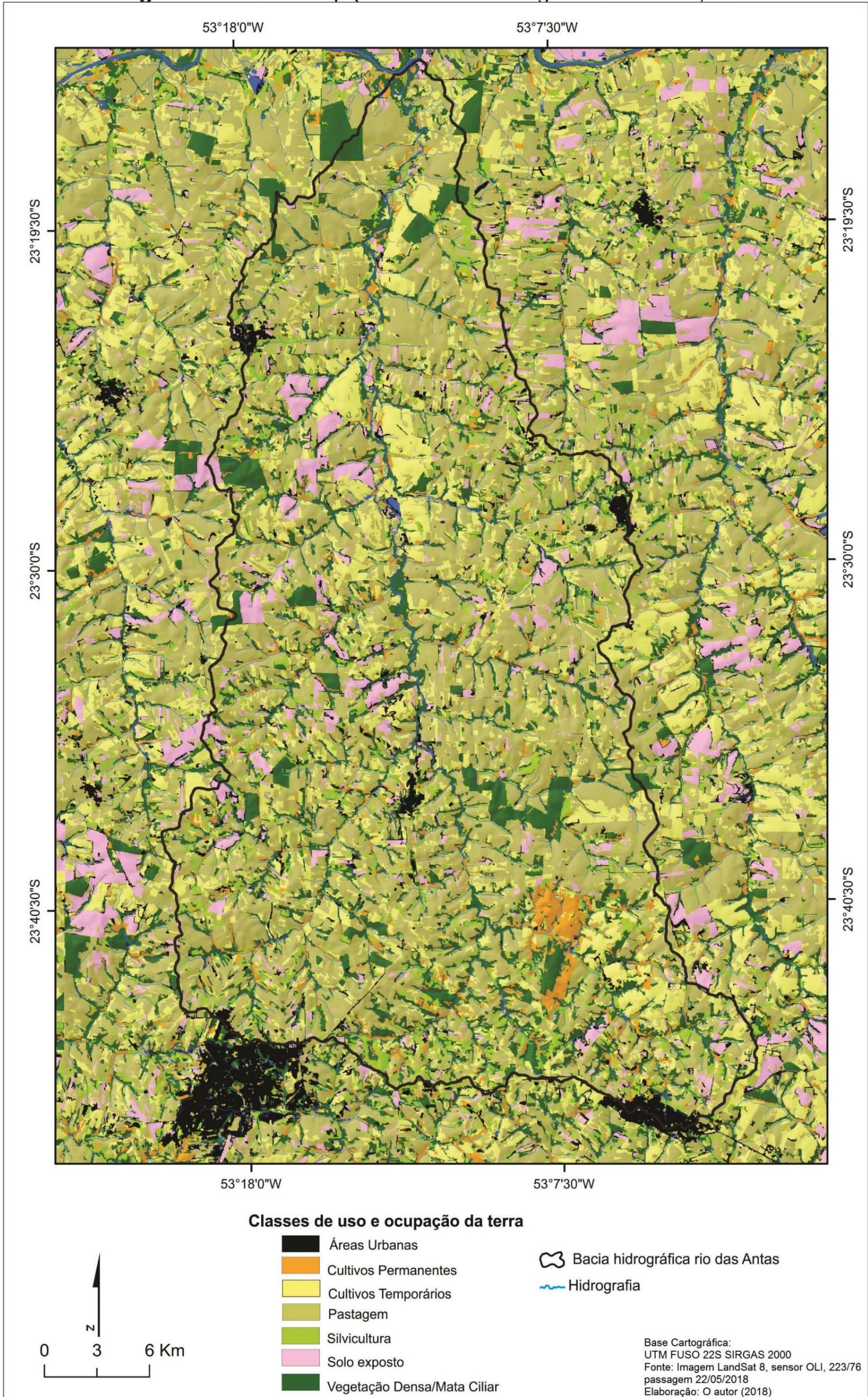
Os diversos elementos de ordem física e sua inter-relação resultam em diferentes formas, proporcionando um conjunto de recursos naturais que podem ou não ser incorporados pelas sociedades. Comumente os homens se apropriam do espaço para desenvolver suas atividades, sejam de ordem social ou econômica.

A carta de uso e ocupação da terra apresenta-se como uma ferramenta para o estudo dessa apropriação do homem. Desta forma, é representada de forma espacializada a atual condição de incorporação do homem com a paisagem.

Conforme já abordado, as formas de ocupação e uso da terra foram, ao longo das últimas décadas, passando por diversas transformações, atendendo, na maioria dos casos, às demandas do mercado interno e/ou externo.

O uso atual das terras na bacia hidrográfica do Rio das Antas é apresentado na figura 16, onde são representados os setores com as ocorrências dos tipos de atividades presente na bacia.

Figura 16-Carta de Uso e Ocupação da Terra na bacia hidrográfica do rio das Antas, PR



Por meio da carta de uso e ocupação da terra, observa-se certo padrão nas formas de uso e ocupação. Conforme a figura 16 e trabalhos de campo, foi possível identificar, de forma geral, sete classes de uso e ocupação da terra.

O quadro 02 apresenta a distribuição das porcentagens e sua área na bacia hidrográfica do Rio das Antas.

Quadro 2-Área e porcentagem dos tipos de uso e ocupação da terra

Tipos de Uso	Área	
	Km ²	%
Rios/lagos*	7,14	0,6
Área Urbana	34,3	2,9
Cultivo Permanente	51,5	4,4
Cultivo Temporário	199,1	17,0
Pastagem	550,4	46,9
Silvicultura	84,9	7,2
Solo Exposto	59,1	5,0
Vegetação Densa/Mata Ciliar	187,4	16,0
Total	1174,71	100,0

* Contabilizados somente na distribuição areal e não como tipo de uso e ocupação da terra

Fonte: O autor (2018)

A bacia hidrográfica é caracterizada pela presença predominante de pastagens, com cerca de 46,9 % de sua área total. As áreas com pastagens na bacia são utilizadas para criação de gado de corte e estendem-se desde o interflúvio da bacia até os setores mais baixos, próximo ao Rio Ivaí. As pastagens estão localizadas tanto nos setores menos dissecados quanto nos setores mais íngremes. No setor íngreme, divide espaço com a silvicultura e culturas permanentes (que possuem menor ocorrência), e no setor mais plano e de declividades médias, com as culturas temporárias, que estão ampliando o cultivo. Os cultivos temporários representam, na bacia, cerca de 17,0 % da área total. São representados pelo cultivo da cana de açúcar e estão presentes em vários setores da bacia, associados, predominantemente, a declividades médias.

O cultivo de pastagens e cana-de-açúcar são muito comuns nos solos de textura arenosa/média oriundos da Formação Caiuá. A ocupação e uso por essas culturas deve-se às características dos solos, que possuem reduzida fertilidade natural e elevada suscetibilidade à erosão. Portanto, são comumente encontradas

pastagens e, mais recentemente, a cana de açúcar, que se adaptou bem às condições destes solos.

As áreas com o cultivo permanente ocupam cerca de 4,4% da bacia. O cultivo permanente destacado na área de estudo foi o da laranja, predominando principalmente no município de Cruzeiro do Oeste.

A silvicultura representa 5% da área de estudo. Nos últimos anos, segundo os moradores da região, está se tornando cada vez mais perceptível a presença de áreas com este tipo de uso. Na bacia hidrográfica, a silvicultura é representada por talhões de eucaliptos.

A categoria de solo exposto apresentou 5% da área total da bacia hidrográfica. Em investigação em campo, foi possível notar áreas com o solo revolvido, pronto para a inserção de uma nova cultura. De forma geral, observou-se, também em campo, que essas áreas serão destinadas a cultivos temporários, principalmente a cana-de-açúcar e a mandioca. Em conversa informal com moradores da região, foi comum ouvir a menção da substituição das pastagens pelo uso da mandioca ou da cana-de-açúcar.

Outro fator a se ponderar neste sentido foi o baixo índice pluviométrico durante o mês de abril de 2018 (quadro 03), mês esse que antecede a data da imagem de uso do solo.

Quadro 3- Comparação da precipitação nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril entre o período de 1997 a 2017 com 2018

Período	Mês			
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril
Padrão 1997 a 2017	175 mm	190 mm	110 mm	115 mm
2018	167,4 mm	214 mm	225 mm	22,6 mm

Fonte: Instituto das Águas do Paraná 2018

Adaptação: O autor (2018)

*Os dados são referentes ao Município de Umuarama-PR

No quadro, é possível notar que, embora os três primeiros meses tenham uma precipitação acumulada superior ao padrão encontrado para o período de 1997 a 2017, houve uma diminuição significativa de 115 mm mensais para apenas 22 mm para o mês de abril. Esta condição possivelmente se reflete na agricultura, pois a falta de chuva e, por consequência, a baixa umidade no solo, dificultam a evolução dos usos geralmente cultivados.

Representando 16%, ocorre ainda a presença de mata ciliar e/ou vegetação densa. Essas áreas estão bem distribuídas ao longo da bacia hidrográfica. A mata ciliar está relacionada às vegetações que margeiam os cursos hídricos que compõem a bacia, e as áreas com mata densa são as formações primárias ou secundárias, que estão geralmente associadas a áreas com maiores declividades. Por fim, tem-se as áreas com a presença das sedes dos municípios. Estas estão localizadas nos topos e em áreas menos dissecadas da bacia.

Os usos indicados acima são os que se destacam pelas porcentagens que ocupam na área de estudo. Em estudo realizado pela Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (2015, 2016) é indicado a presença de outras atividades econômicas presentes na bacia hidrográfica (quadro 04).

Quadro 4- Porcentagem da produção rural em 2015 e 2016
* Representado pela ausência de dados

Valor relativo da produção rural								
	Produto	2015	2016		Produto	2015	2016	
		%				%		
Tapira	Carne bovina	29	20	Douradina	Carne bovina	24	18	
	Frango de corte	20	14		Frango de corte	16	20	
	Cana de açúcar	13	15		Cana de açúcar	15	17	
	Leite bovino	9	9		Pintinho de recria	9	8	
	Mandioca	*	23		Mandioca	9	15	
	Outros	21	19		Outros	27	22	
Nova Olímpia	Carne bovina	8	8	Maria Helena	Carne bovina	21	15	
	Frango de corte	13	20		Frango de corte	16	17	
	Bezerros	7	9		Cana de açúcar	*	9	
	Cana de açúcar	9	16		Leite bovino	*	8	
	Pintinho recria	51	26		Mandioca	14	30	
	Outros	12	21		Outros	28	21	
Cruzeiro do Oeste	Carne bovina	13	9	Umarama	Carne bovina	25	22	
	Frango de corte	8	9		Frango de corte	15	15	
	Cana de açúcar	29	33		Cana de açúcar	15	16	
	Leite bovino	9	10		Leite bovino	7	9	
	Mandioca	*	11		Bezerros	9	9	
	Laranja	7	*		Outros	Outros	29	29
	Outros	34	28					

Fonte: SEAB (2015,2016)

No quadro, é possível observar as contribuições em porcentagem de cada atividade econômica no valor total do produto interno bruto dos municípios para o ano de 2015 e 2016. Nota-se que outras atividades foram identificadas nos municípios da área de estudo, sendo elas o frango de corte e o pintinho de recria. Essas atividades compõem a paisagem da bacia e têm importante contribuição para a economia dos municípios, visto que, se por um lado apresentam-se como pouco representativas em relação à área que ocupam, por outro configuram-se como muito representativas quanto à receita que geram.

No quadro 04 é possível observar, também, um panorama das atividades econômicas que ocorrem na bacia e sua participação na economia do município e, por conseguinte, na região como um todo.

Na figura 15, correspondente à carta de uso e ocupação da terra, percebe-se que as pastagens ocupam a maior parte da bacia hidrográfica com aproximadamente 47% da área total. Desta forma, é possível supor que as atividades econômicas associadas às pastagens contribuem significativamente no produto interno bruto dos municípios pertencentes. No entanto, nota-se que há a presença de outras atividades que se destacam e possuem grande participação no percentual total. Observa-se que as atividades de frango de corte, pintinho de recria, mandioca e cana-de-açúcar tiveram grande participação no valor total em porcentagem. Portanto, é possível afirmar que não há relação na contribuição do produto, em reais, pela sua área presente em determinado espaço.

Através do quadro é possível observar o aumento e o decréscimo de algumas atividades. Nota-se que houve um aumento na criação de frango de corte em todos os municípios, com exceção de Tapira, na qual verificou-se um decréscimo. Já na criação de gado, observa-se uma tendência de queda no percentual de contribuição.

Destaca-se ainda o papel da cana-de-açúcar e da mandioca, que tiveram crescimento em todos os municípios, com destaque a Cruzeiro do Oeste, que registrou um aumento de 29% para 33% no valor total da produção agrícola.

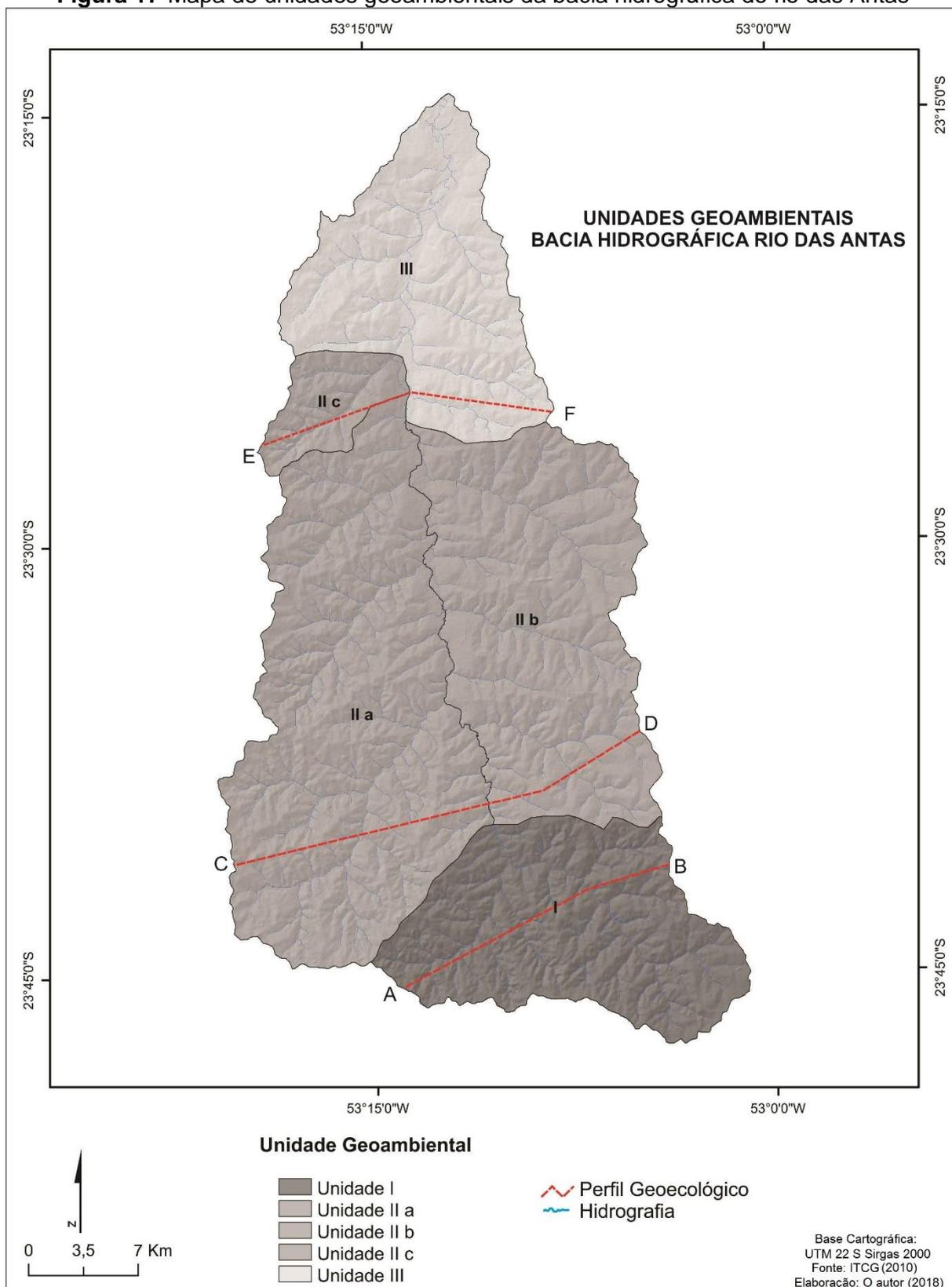
De modo semelhante, destacam-se também os produtos relacionados ao ramo do laticínio, bem como o segmento no ramo aviário, como as granjas, abatedouros e matrizes de criação de pintinhos.

5.6 As Unidades Geoambientais

Por meio do cruzamento dos dados levantados em campo e dos produtos gerados em laboratório (gabinete), pode-se definir 3 unidades homogêneas na bacia hidrográfica do Rio das Antas. A figura 17 representa a distribuição espacial das unidades identificadas, e o quadro 05 as principais características de cada unidade geoambiental.

Para a definição das unidades geoambientais foi realizado o cruzamento dos mapas de solo com a carta de declividade, associado às outras cartas temáticas, observando as variações de temperatura e precipitação, de uso e ocupação da terra, da rede e densidade de drenagem. A partir da análise conjunta, foi possível identificar, entre as principais características, áreas homogêneas. Portanto, o mapa de unidades geoambientais representa a síntese das principais características físicas e naturais encontradas na bacia hidrográfica do Rio das Antas.

Figura 17-Mapa de unidades geoambientais da bacia hidrográfica do rio das Antas



Fonte: O autor (2018)

Foram definidas 3 unidades geoambientais, sendo elas:

Unidade I:

A unidade I compreende a parte mais elevada da bacia hidrográfica do Rio das Antas, ocupando um pouco mais de 18% da área total da bacia, predominantemente pertencendo à área municipal de Cruzeiro do Oeste.

Quanto às características dos solos, a unidade I apresenta, conforme mapeamento pré-existente, a presença predominante do Argissolo Vermelho Eutrófico de transição abrupta (horizonte E- Bt) e do Latossolo Vermelho Distrófico de textura média.

Embora não ocorram grandes variações de temperatura e precipitação ao longo da bacia, a unidade I possui temperaturas médias de 22,5°C e precipitação média anual aproximada de 1530 mm a 1600 mm.

Apresenta uma grande variação quanto às condições de relevo. Está situada na porção mais elevada da bacia hidrográfica, com o predomínio de altitudes médias de 400 a 450 m, em relação ao nível do mar. As vertentes desta unidade apresentam um aumento gradual da declividade no terço final da vertente, com declividades médias de 12 a 20%. Possuem como formas topos curtos, pouco aplainados e vertentes menores, com o predomínio da forma côncava.

Na figura 18 é possível observar que há uma elevada incisão de cursos hídricos, tornando o relevo mais dissecado e as vertentes mais curtas. Neste setor, os cursos hídricos estão mais encaixados entre as vertentes. Cabe destacar ainda que a nascente do Rio das Antas localiza-se neste setor, próximo ao sítio urbano de Cruzeiro do Oeste.

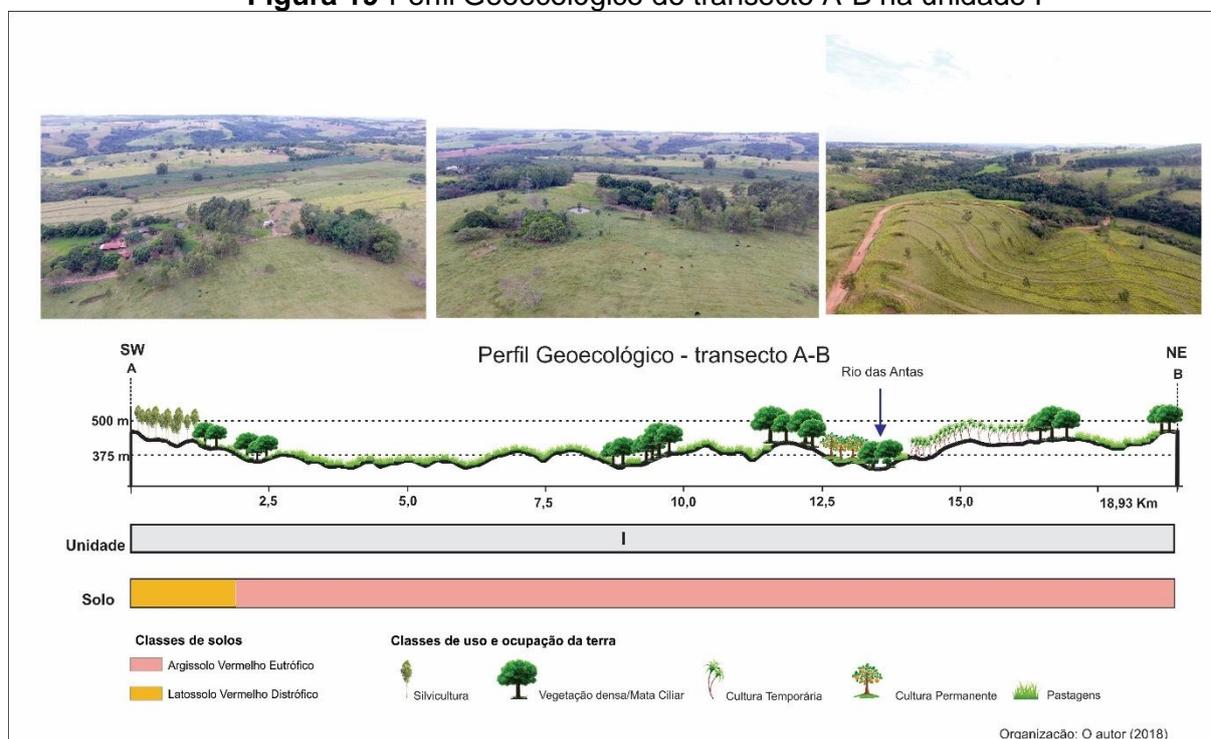
Figura 18-Representação fotográfica da unidade I



Fonte: O autor (2018)

A diferenciação nas estruturas que compõem a paisagem na unidade I foi expressa de forma sistematizada por meio do perfil geocológico, tornando-se possível observar as mudanças dos elementos físicos de uma unidade para outra, bem como nas formas de uso e ocupação (Figura 19).

Figura 19-Perfil Geocológico do transecto A-B na unidade I



Fonte: O autor (2018)

O uso e ocupação da unidade I é o mais diversificado, isto fica evidente quando se observa, em campo, as características na paisagem. De forma geral, tem-se uma paisagem com a presença de vários elementos (Quadro 05).

Quadro 5-Porcentagens de uso e ocupação da terra Unidade I

UNIDADE 01	
Tipos de Uso	Área (%)
Rios/ lagos	0,5
Área Urbana	3,5
Cultivo Permanente	10,1
Cultivo Temporário	16,2
Pastagem	36
Silvicultura	10,2
Solo Exposto	2,9
Vegetação Densa/Mata Ciliar	20,6

Fonte: O autor (2018)

Os usos são bem diversificados, com presença de pequenos fragmentos de culturas temporárias, pastagens, culturas permanentes, entre outras. Destaca-se a presença do cultivo da laranja neste setor. A cultura permanente nesta unidade corresponde a 10% da área total dos usos. O uso predominante foi o de pastagens, seguindo a tendência geral do uso da bacia do Rio das Antas.

Através do perfil foi possível notar como se comporta a presença do uso e ocupação da terra, bem como as formas do relevo. Nota-se a presença de um relevo mais dissecado, o que leva a um estreitamento dos topos e, por consequência, à diminuição dos comprimentos das vertentes e à acentuação das declividades, principalmente no terço final das vertentes, próximo aos cursos hídricos. Os usos desta forma são mais fragmentados na paisagem.

Unidade II:

A unidade II compreende o setor médio da bacia hidrográfica do Rio das Antas, sendo considerada a maior unidade entre as identificadas, com aproximadamente 63% da área total. Sua extensão ocupa, em grande parte, o município de Maria Helena, mas também se estende sob Umuarama, Cruzeiro do Oeste, Douradina Tapira e Nova Olímpia.

A unidade II, devido à sua extensão, foi dividida em subunidades geoambientais. Justifica-se essa segmentação mediante as diferenciações no tocante às características físicas (solos e declividade) e de uso e ocupação desta unidade. Desta forma, a referida área foi subdividida em unidade IIa, IIb e IIc. Em etapa posterior, serão elencadas as principais diferenciações entre as subunidades.

Quanto aos solos, a unidade é recoberta nos setores mais elevados (topos) pelo Latossolo Vermelho Distrófico de textura média, e nas médias vertentes e setores mais baixos pelos Argissolos Vermelhos Distróficos e Eutróficos, com características abruptas e típicas. Por fim, próximo à planície de inundação do Rio das Antas, foram encontrados os Neossolos Flúvicos, sob a planície de inundação do rio.

Através dos ensaios realizados em laboratório, foi possível identificar a classe dos Neossolos Quartzarênicos, encontrados no terço final da vertente. Embora não tenha sido realizada a espacialização do mesmo pela área de estudo, tem-se a possibilidade de se encontrar, em outras localidades, manchas de Neossolos Quartzarênicos sob condições semelhantes às observadas em campo.

Sobre as condições climáticas relacionadas com as precipitações e temperaturas, a unidade II possui um comportamento diferente das demais unidades, principalmente no que diz respeito à precipitação. Na figura 13, referente ao mapa de precipitação, fica evidente que o setor médio da bacia apresenta uma região que corta em sentido de SSW-NNE, com valores acumulados, em mm, maiores que as demais localidades da bacia.

A parte mais elevada, ao sul da bacia, pertencente à subunidade IIa, apresentou valores que variaram de 1600 mm a 1750 mm. O setor do médio curso da bacia, localizado em parte na subunidade IIa e na subunidade IIb, apresentou valores médios de 1550 mm a 1650 mm. Na localidade referente à subunidade IIc, observou-se os menores valores de precipitação, com variação de 1530 mm a 1550 mm. Quanto às temperaturas, a unidade IIc apresenta valor médio de 22,7°C.

Com relação às características do relevo, a unidade II apresenta uma certa homogeneidade, com grande diferença somente no setor IIc. Os valores médios de altitude variam de 250 m a 450 m, com altitude média de 300 a 400 m. Diferente da unidade I, as declividades nesta unidade são, em média, mais baixas, com valores médios de 3 a 12% (Figuras 20 e 21). As subunidades IIa e IIb possuem características mais comuns entre as condições de relevo. As vertentes nestas duas unidades são mais longas, com formas que se alternam entre côncavas e convexas. Os topos são geralmente aplainados, com menores declividades, e nas partes mais baixas, próximas aos cursos hídricos, ocorre o aumento gradual das declividades (12-20%).

Figura 20-Representação fotográfica da Unidade IIa



Fonte: O autor (2018)

Figura 21-Representação fotográfica da Unidade IIb



Fonte: O autor (2018)

A subunidade IIc, diferentemente das outras subunidades do compartimento II, apresenta condições diferentes quanto às formas de relevo. Esta subunidade assemelha-se, em suas características, com a unidade I. As declividades variam entre 6 e 20%. As vertentes são mais curtas e convexas, com o aumento gradual de declividade na média vertente (Figuras 22 e 23). Por sua vez, dadas as características

do relevo, ocorre o aumento da densidade de drenagem, com mais incisões dos canais de 1º ordem.

Figura 22-Representação fotográfica da Unidade IIc



Fonte: O autor (2018)

Figura 23-Representação fotográfica da Unidade IIc

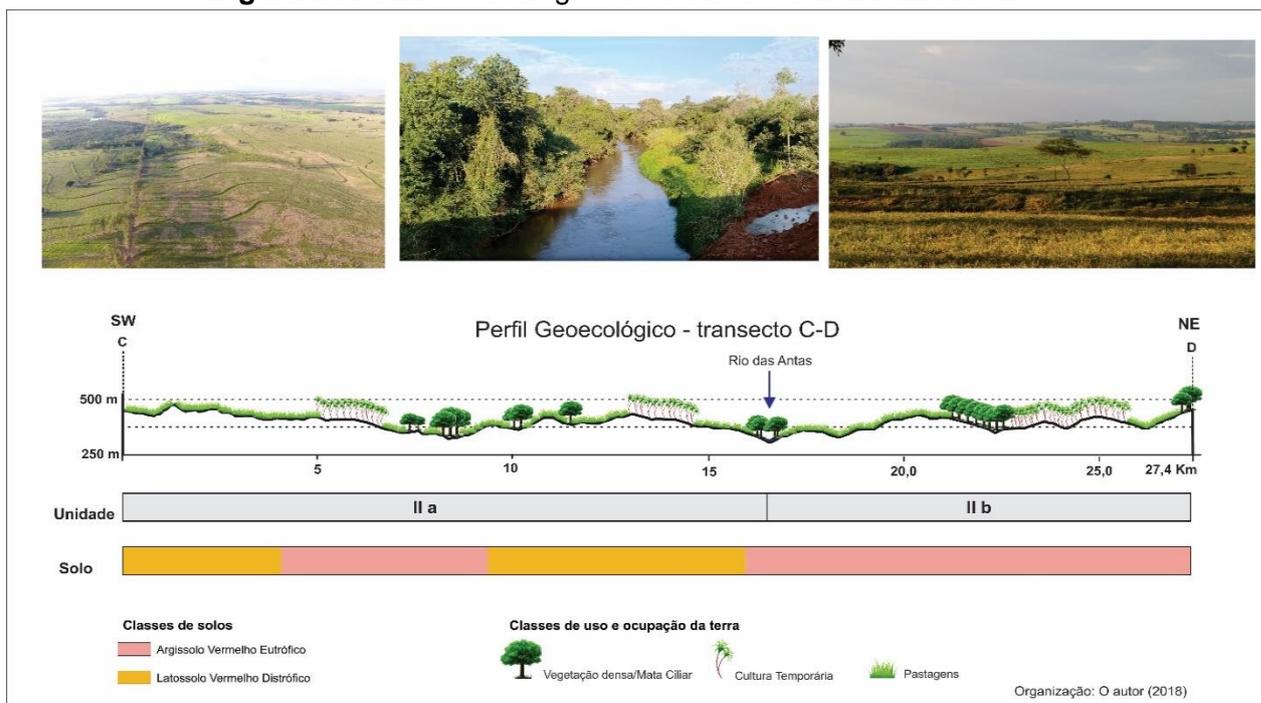


Fonte: O autor (2018)

As principais características da unidade II e as diferenciações entre as formas presentes em cada subunidade ficam melhor evidentes através do perfil geocológico (Figura 24). O perfil com o transecto C-D corta a bacia hidrográfica de Oeste para Leste, percorrendo toda a subunidade IIa e IIb. Adiante, será apresentado outro perfil (transecto E-F) que irá mostrar as características da subunidade IIc e a unidade III.

No perfil é possível observar que as formas de relevo são diferentes quando comparadas com a unidade I. Nesta, as vertentes são mais planas e possuem um comprimento maior.

Figura 24-Perfil Geocológico do transecto C-D na unidade II



Fonte: O autor (2018)

Quanto ao uso e ocupação do setor II, percebe-se, por meio da carta de uso e ocupação da terra e do quadro 06, que as formas verificadas assemelham-se à distribuição de usos na bacia, ocorrendo o predomínio das pastagens entre as subunidades, seguido das culturas temporárias e, em menor proporção, as culturas permanentes.

Quadro 06-Porcentagens de uso e ocupação da terra Unidade II

UNIDADE 2a		UNIDADE 2b		UNIDADE 2c	
Tipos de Uso	Área (%)	Tipos de Uso	Área (%)	Tipos de Uso	Área (%)
Rios/ lagos	0,5	Rios/ lagos	0,6	Rios/ lagos	0,6
Área Urbana	3,4	Área Urbana	2,3	Área Urbana	2
Cultivo Permanente	3,7	Cultivo Permanente	2,4	Cultivo Permanente	1,8
Cultivo Temporário	16,3	Cultivo Temporário	17,2	Cultivo Temporário	24,8
Pastagem	46	Pastagem	54,1	Pastagem	30,5
Silvicultura	7,1	Silvicultura	5,6	Silvicultura	8
Solo Exposto	7,7	Solo Exposto	3,3	Solo Exposto	13,2
Vegetação Densa/Mata Ciliar	15,3	Vegetação Densa/Mata Ciliar	14,5	Vegetação Densa/Mata Ciliar	19,2

Fonte: O autor (2018)

Nos locais com menor declividade, tem-se, nos setores mais elevados, a presença do Latossolo Vermelho Distrófico e um predomínio do uso de pastagens, enquanto nas partes mais baixas da vertente e do relevo são encontrados outros tipos de atividades, tais como os usos com mandioca ou cana-de-açúcar. Entre as subunidades IIa e IIb, nota-se que há um predomínio das pastagens na subunidade IIb quando comparada com as unidades IIa e IIc. O uso de mata nesta unidade se destacou no setor IIc, com aproximadamente 20% de sua área total. Este uso deve-se principalmente à elevada dissecação do relevo, dificultando a inserção de atividades agrícolas.

Unidade III:

A unidade III compreende o setor de menor altitude da bacia hidrográfica do Rio das Antas, estendendo-se por aproximadamente 17% da extensão total. Localiza-se em parte dos territórios municipais de Tapira e Douradina.

Quanto às características dos solos, na unidade III foram identificados os Latossolos Vermelhos Distróficos e Eutróficos, os Argissolos Vermelhos Distróficos e Eutróficos e próximo à planície de inundação a presença dos Neossolos Flúvicos.

As variações de precipitação nesta unidade foram as menores encontradas na área de estudo, semelhantes à unidade I. Os valores médios encontrados foram de 1530mm a 1600mm anuais. Quanto à temperatura, embora ocorra pouca variação ao longo da bacia, os valores encontrados para a unidade correspondem aos de maior registro, com valores 22,8 a 23,1°C.

A unidade III possui pouca variação no que se refere ao relevo. Está situada na porção mais baixa da bacia hidrográfica, com o predomínio de altitudes médias de 250 a 300 m. As formas das vertentes desta unidade são diferentes comparadas às outras unidades. Predominam as vertentes mais longas e planas, com baixa declividade (0-3% e 3-6%), e topos mais aplainados (Figuras 25 e 26).

Figura 25-Representação fotográfica das pastagens da Unidade III



Fonte: O autor (2018)

Figura 26-Representação fotográfica da Unidade III

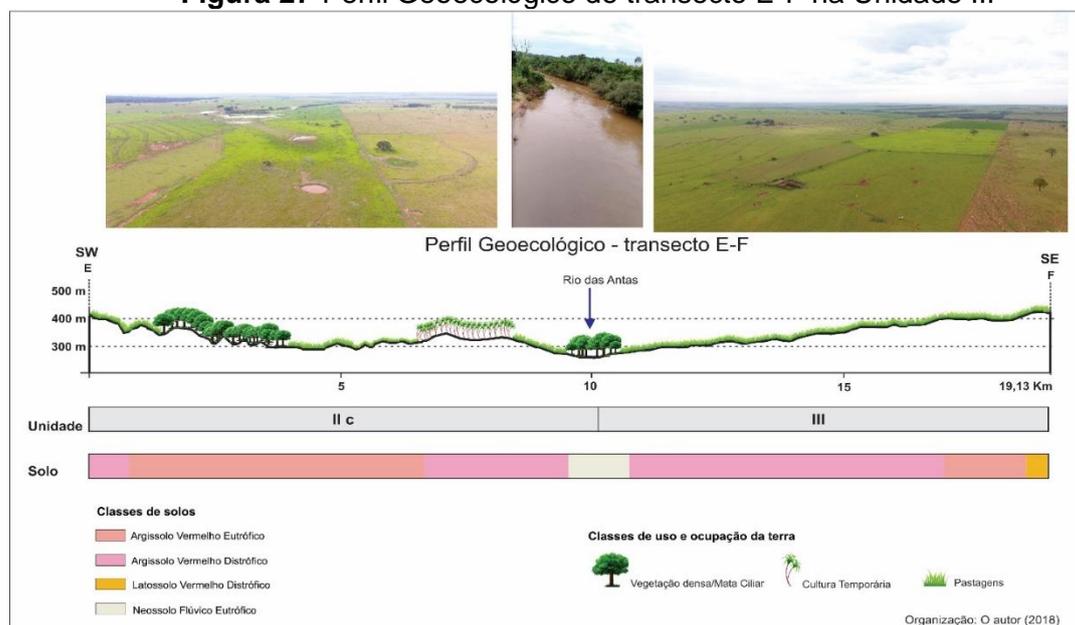


Fonte: O autor (2018)

Desta forma, a unidade caracteriza-se por apresentar formas de relevo planas, com menor densidade de drenagem quando comparado com as outras unidades identificadas. Cabe destacar que, nesta unidade, encontra-se a foz do Rio das Antas junto ao Rio Ivaí.

O perfil geocológico do seguimento E-F (Figura 27) expressa as condições identificadas na unidade III e parte da subunidade IIc, tornando possível observar as mudanças dos elementos físicos de uma unidade para outra, bem como nas formas de uso e ocupação.

Figura 27-Perfil Geocológico do transecto E-F na Unidade III



Fonte: O autor (2018)

O uso e a ocupação na unidade III é o mais “homogêneo” quando comparado com os demais compartimentos. Isto fica evidente quando se observa, em campo, as características da paisagem. Nesta unidade predominam os usos de pastagem (53,4%) e, em menor proporção, os com culturas temporárias, como a cana-de-açúcar (Quadro 07).

Quadro 07-Porcentagens de uso e ocupação da terra na Unidade III

UNIDADE 3	
Tipos de Uso	Área (%)
Rios/ lagos	0,9
Área Urbana	2,5
Cultivo Permanente	3,1
Cultivo Temporário	17
Pastagem	53,4
Silvicultura	6,3
Solo Exposto	3
Vegetação Densa/Mata Ciliar	13,8

Fonte: O autor (2018)

Por meio do perfil, então, é possível observar como se comporta o relevo, bem como as formas de uso e ocupação da terra nesta unidade. De modo geral, a unidade se caracteriza por apresentar relevo plano, vertentes retilíneas, menor densidade de drenagem e por uso menos diversificado, com o predomínio das pastagens.

5.7 Estudo da Fragilidade Potencial e Emergente

O estudo de fragilidade ambiental apresenta-se como uma importante ferramenta de diagnóstico no planejamento ambiental. Desta forma, foram apresentadas e analisadas nesta etapa as cartas de fragilidade potencial e emergente, destacando as principais fragilidades da bacia hidrográfica do Rio das Antas e de cada unidade geoambiental identificada.

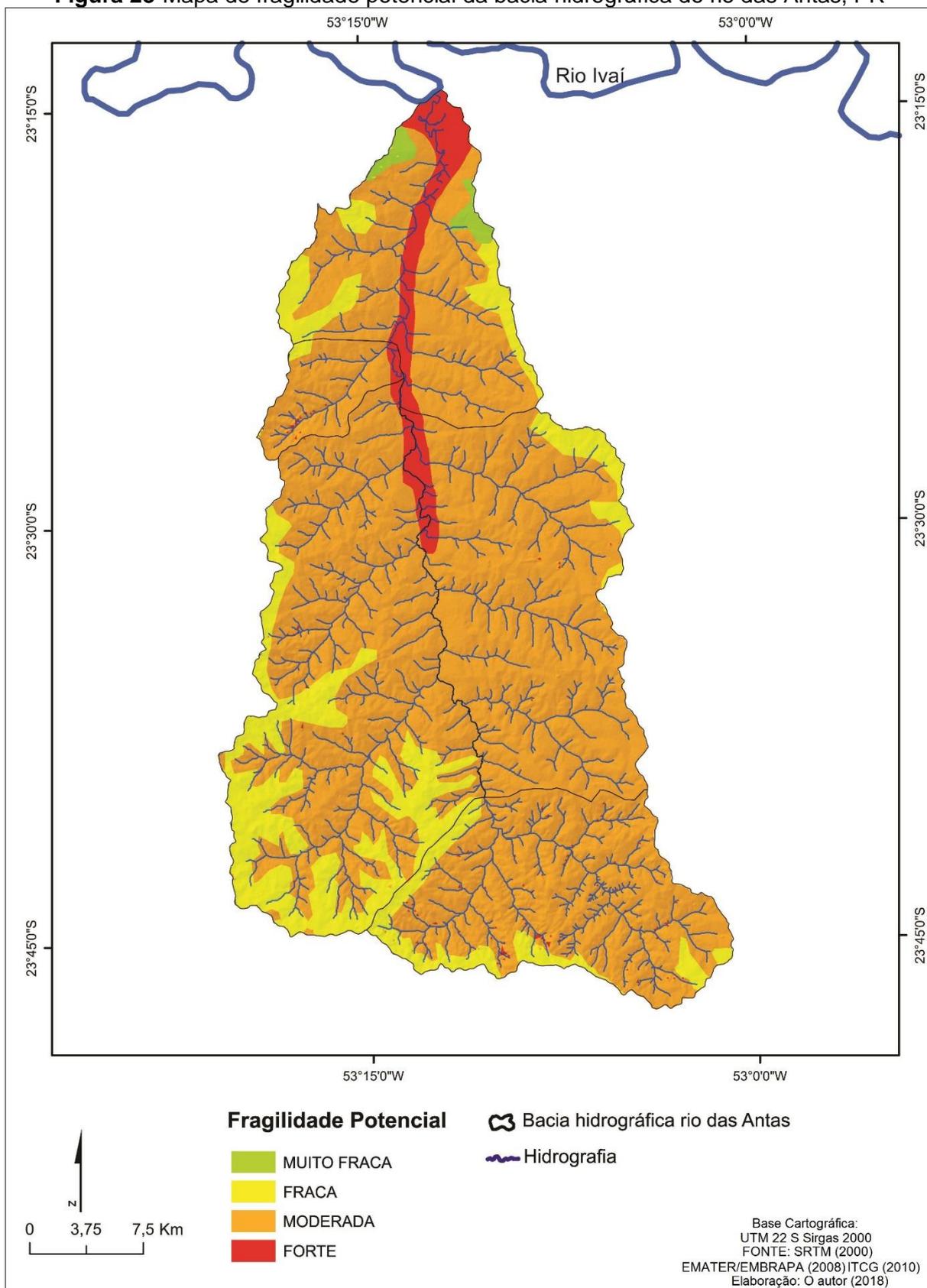
5.7.1 Fragilidade Potencial

A fragilidade potencial caracteriza-se por ser a fragilidade natural do ambiente. Ela é identificada a partir da relação entre as classes de solos e os valores de declividade. Desta forma, o tipo do solo associado a um relevo com maior ou menor declividade poderá apresentar diferentes graus de fragilidade.

Por meio do mapa de fragilidade potencial, observa-se a relação da espacialização das classes de declividade com as classes de solos, com exceção dos locais onde foram apresentados os maiores valores de declividade.

Para a área de estudo, a fragilidade potencial foi classificada da seguinte forma: muito fraca, fraca, moderada e forte, conforme figura 28.

Figura 28-Mapa de fragilidade potencial da bacia hidrográfica do rio das Antas, PR



Fonte: O autor (2018)

O quadro 8 apresenta as porcentagens de cada classe de fragilidade na área de estudo. Nota-se a predominância da classe moderada com 82% da área de estudo. Ela se estende por todo setor a montante da bacia, abrangendo também o setor médio e o baixo curso da bacia hidrográfica, predominantemente sob as unidades I, IIb e III.

Quadro 8-Quantificação da fragilidade potencial

FRAGILIDADE POTENCIAL		
Classe	Área	
	Km ²	%
Muito fraca	8,01	0,7
Fraca	161,41	13,3
Moderada	961,92	82,0
Forte	47,3	4,0

Fonte: O autor (2018)

Outra classe de fragilidade potencial na bacia hidrográfica do Rio das Antas foi a fraca. Ocorre em 13,3 % da área total em estudo, representando aproximadamente 185 km² de extensão.

A classe fraca está associada aos setores mais elevados da bacia hidrográfica e ocorre em áreas com menores declividades. Os solos encontrados foram os Latossolos Vermelhos de textura média, sobretudo nos setores mais elevados da bacia hidrográfica, próximo aos interflúvios. De maneira geral, os Latossolos são bem profundos e drenados, e estão condicionados a localidades com baixa declividade.

A classe de fragilidade muito fraca apresentou cerca de 0,7% da área de estudo. Possui uma extensão média de aproximadamente 9,04 km². A sua ocorrência associou-se à presença dos Latossolos Vermelhos de textura argilosa. Os solos de textura argilosa são menos suscetíveis aos processos erosivos quando comparados aos solos de textura média. Deste modo, a associação deste solo com a baixa declividade resultou numa baixa fragilidade potencial.

A classe forte de fragilidade ocorreu em 4% da área total da bacia. A mesma se encontra associada a duas características. Nas localidades com os Argissolos e com declividades superiores a 20%, geralmente relacionadas às áreas de cabeceiras de drenagem, os canais de 1º ordem são mais encaixados e o relevo geralmente mais dissecado. Outra característica passível de verificação nas áreas em que estão presentes os Neossolos Flúvicos, na planície do Rio das Antas, é o fato de terem sido

classificadas como lócus de fragilidade forte em decorrência de se encontrarem em áreas altamente suscetíveis.

5.7.2 Fragilidade Emergente

Nesta etapa da análise, a fragilidade emergente (figura 29) consiste no resultado da relação entre a fragilidade potencial e o uso e ocupação da terra.

O mapa de fragilidade emergente sintetiza e representa as áreas em que o uso da terra potencializa ou não a fragilidade natural do ambiente, face as condições do solo e declividade.

Ao analisar o mapa de fragilidade emergente na bacia hidrográfica do Rio das Antas, é possível notar a presença de quatro classes de fragilidade: muito fraca, fraca, moderada e forte. O quadro 09 permite observar a porcentagem da fragilidade em cada classe para a área de estudo.

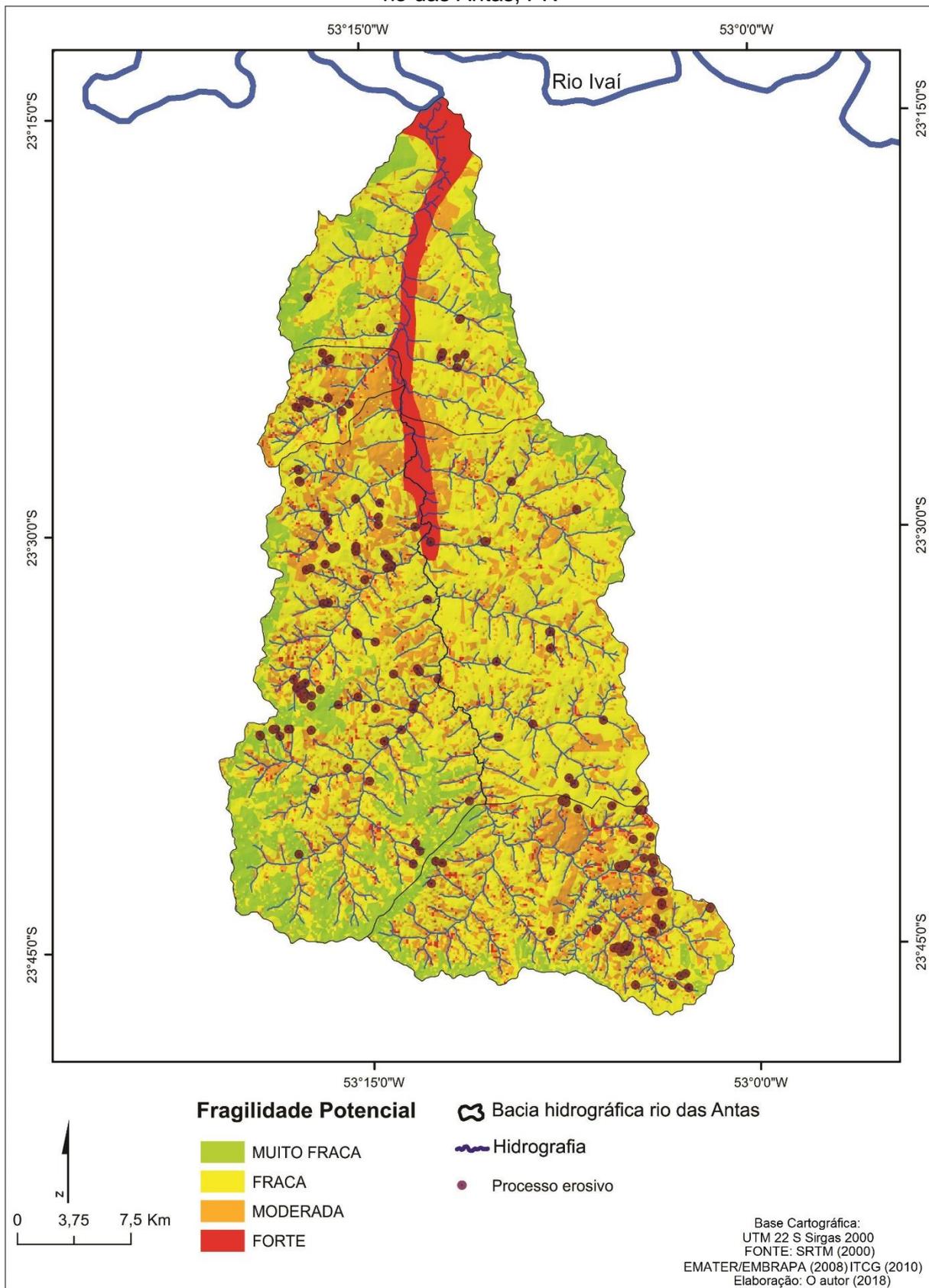
Quadro 09-Quantificação da fragilidade emergente

FRAGILIDADE EMERGENTE		
Classe	Área	
	Km ²	%
Muito fraca	143,93	12,3
Fraca	667,98	56,9
Moderada	295,89	25,2
Forte	63,11	5,8

Fonte: O autor (2018)

A classe de menor fragilidade emergente (muito fraca) se estabelece preponderantemente nas áreas cobertas por vegetação densa e áreas com presença de pastagens. O relevo nesta classe é representado por baixa declividade associada aos Latossolos.

Figura 29-Mapa de fragilidade emergente e dos processos erosivos da bacia hidrográfica do rio das Antas, PR



Fonte: O autor (2018)

A classe de fragilidade emergente fraca foi a que obteve o maior percentual na bacia hidrográfica, com aproximadamente 56%. Esta classe compreende as áreas com declividades predominantemente médias e fracas, somado ao uso de pastagens. A classe moderada, com aproximadamente 25% da área da bacia, foi representada pelas declividades médias associadas às áreas com a presença de solo exposto e culturas temporárias.

Por fim, com menor proporção, porém, com maior peso negativo, tem-se as áreas que foram classificadas com forte fragilidade emergente (5,8 %). Esta classe é caracterizada pela ausência de vegetação associada a altas declividades e/ou a presença dos Neossolos Flúvicos. Os Neossolos Flúvicos (planície de inundação) são solos que possuem alto grau de susceptibilidade.

Na carta de fragilidade emergente foram também espacializados, de forma pontual, os processos erosivos encontrados na bacia hidrográfica. A identificação dos processos erosivos, foi realizada por meio de imagem de satélite do *Google Earth*, explicitado na Parte 3.

Por meio do mapa, foi possível observar a relação dos processos erosivos com a carta de fragilidade emergente. Visualmente é notório que as localidades que as classificadas como fragilidade moderada e forte foram as que mais apresentaram a ocorrência dos processos erosivos. A presença dos processos erosivos na bacia foi observada, principalmente, nos setores mais declivosos de cabeceira de drenagem, associados, sobretudo, às áreas com solo exposto.

Foi possível também observar a relação da ocorrência dos processos erosivos com as formas de uso e ocupação. Além da presença significativa de ocorrências ligados aos setores mais dissecados e de cabeceira de drenagem, os processos erosivos foram mais visíveis nas áreas com presença das culturas temporárias, sobretudo a cana-de-açúcar e mandioca. As áreas com pastagens também apresentaram processos erosivos, porém em menor proporção.

De forma geral, por meio do estudo das fragilidades potencial e emergente para a bacia hidrográfica do Rio das Antas, pode-se observar a ocorrência de uma inversão entre as classes fraca e moderada. A classe fraca apresentou um quadro de aumento, saindo de 13,3 % (potencial) para 56,9% (potencial), enquanto a classe moderada apresentou percentual de redução, saindo de 82% (potencial) para 25,2% (emergente). Para área de ocorrência da classe muito fraca, houve um aumento de

0,7% para 12,3%. Apenas a classe forte apresentou resultado negativo, incorrendo em um aumento da área em porcentagem de 4,0 para 5,8.

Quando analisado de forma geral para a bacia hidrográfica, percebe-se que ocorreu uma melhora nos valores de fragilidade potencial para emergente. Evidencia-se que a bacia do Rio das Antas apresenta uma certa fragilidade natural associada aos solos e declividade, e que quando empregados os usos presentes na bacia, ocorre diminuição dos valores de fragilidade. Deste modo, é possível afirmar que as formas de uso e ocupação de forma geral estão contribuindo com a qualidade ambiental na bacia hidrográfica.

Em estudo realizado por Carvalho Filho (1999), as pastagens são consideradas bons usos no controle e proteção do solo contra a erosão, somado à cobertura constante ao longo do ano (PRADO e NÓBREGA, 2005). Porém, diversas pesquisas apontam que áreas com pastagens, quando mal manejadas e sob declividades superiores a 8%, podem ser tão suscetíveis a erosão quanto as com o cultivo de outras culturas. O pisoteio do gado contribui para a compactação dos horizontes superficiais do solo, provocando a diminuição da porosidade, bem como o aumento da resistência à penetração e a diminuição dos valores de infiltração, favorecendo também o escoamento superficial e a ocorrência dos processos erosivos nos horizontes superficiais (CENTURION et al. 2001; PRADO e NÓBREGA, 2005; NETTO et al., 2009; MEDEIROS et al., 2018; MARCATTO, 2016).

Portanto, embora as pastagens tenham se apresentado como um elemento positivo na diminuição da fragilidade emergente, deve-se procurar sempre a opção de manejos mais adequados e corretos, seja em áreas de pastagem ou culturas (temporárias/permanentes).

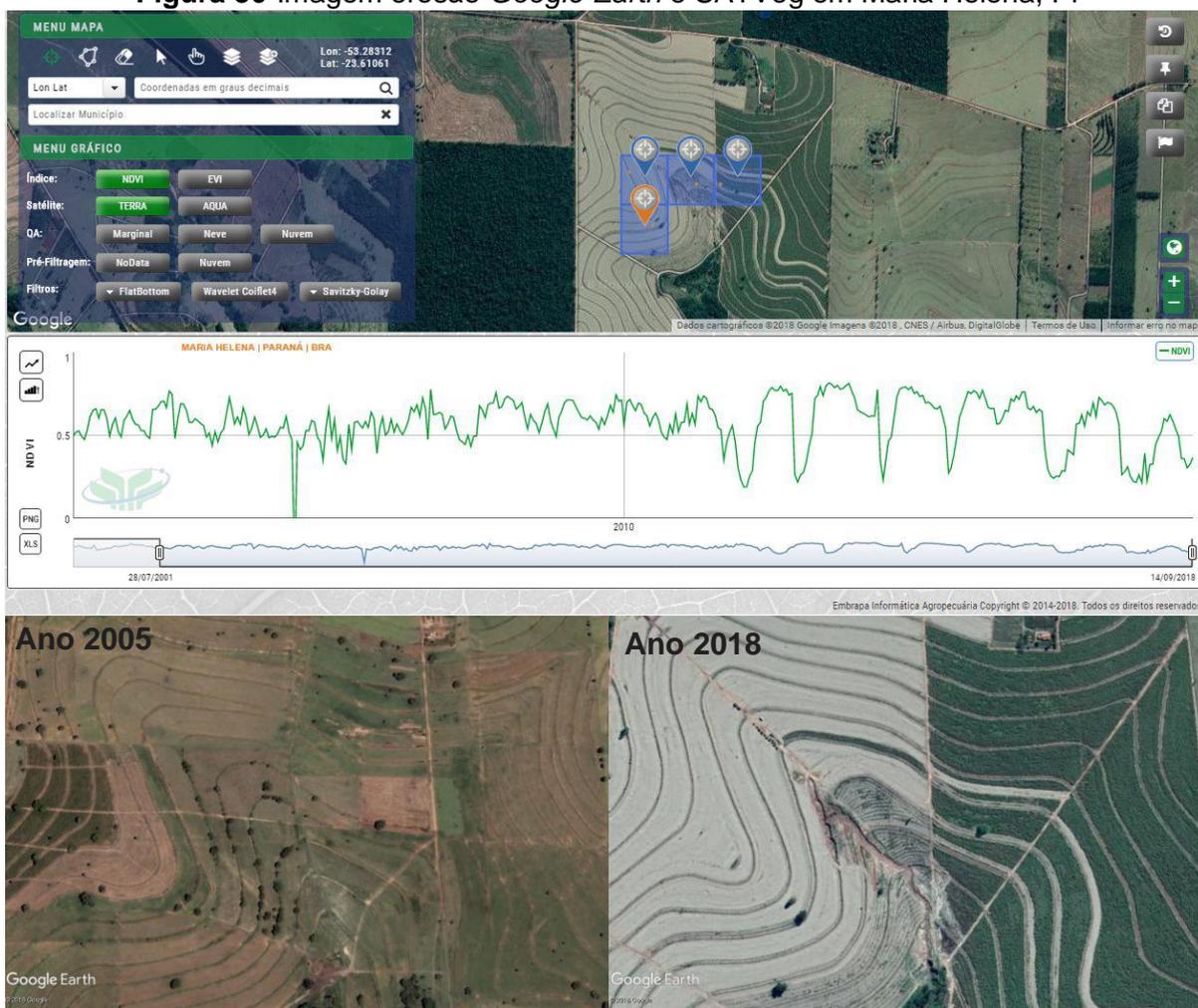
Contudo, cabe destacar que o presente diagnóstico reflete a atual forma de uso e ocupação da terra. Os dados da Secretária de Abastecimento Público, em conjunto com as observações feitas em campo, permitiram observar que a bacia hidrográfica do Rio das Antas está sofrendo constantes mudanças nas formas de uso e ocupação ao longo dos últimos anos.

Essas transformações estão normalmente associadas à supressão das áreas com pastagens e à “entrada” das culturas temporárias, sendo elas a mandioca ou cana-de-açúcar.

Utilizando-se da série temporal das imagens de satélite do *Google Earth* em conjunto com o SATVeg (Sistema de Análise Temporal de Vegetação), foram analisadas duas áreas com a presença de erosões nas localidades correspondentes à fragilidade emergente nas classes moderada e forte.

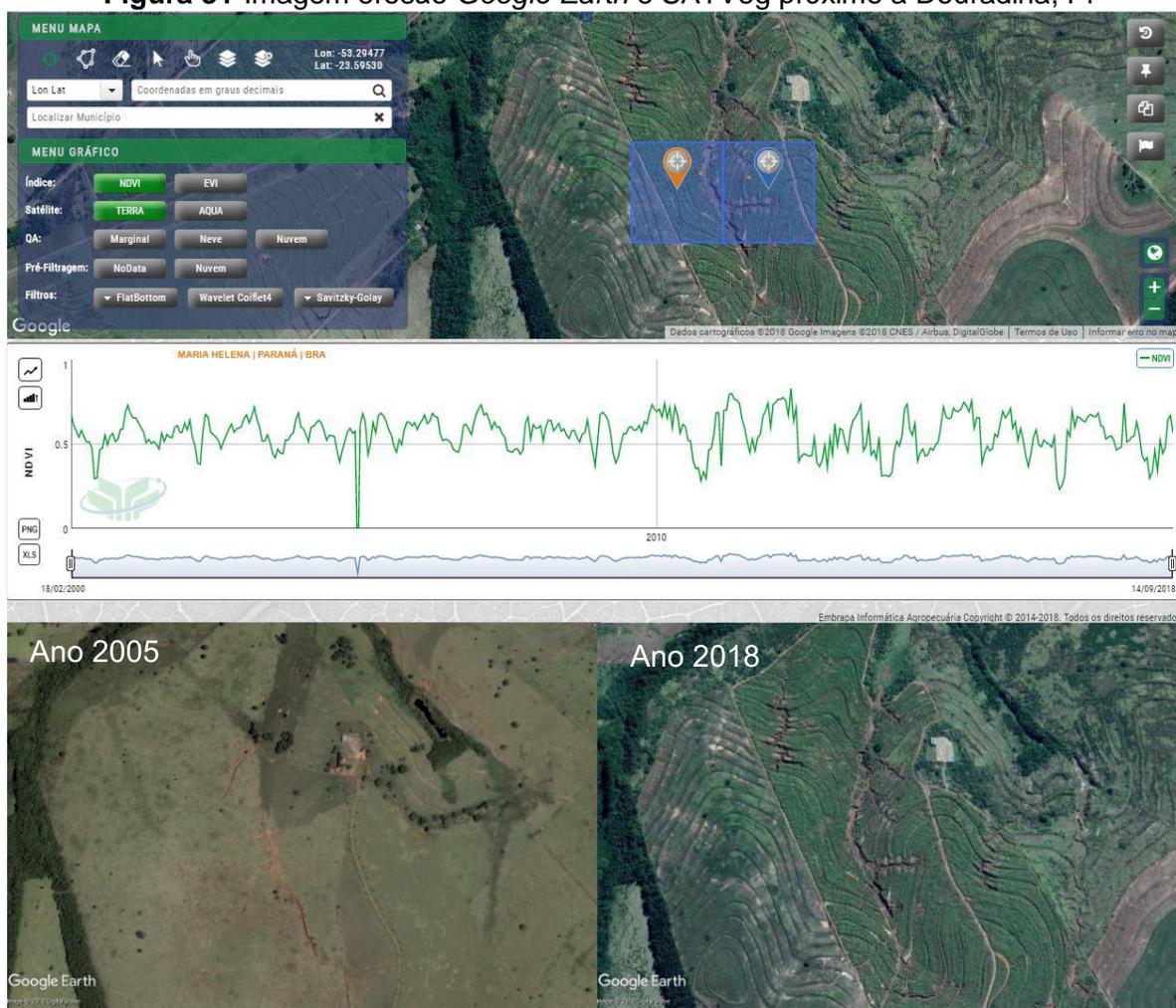
Por meio das imagens do *Google Earth* e pelo comportamento do perfil do NDVI, fica evidente que, inicialmente, as áreas eram ocupadas por pastagens e, posteriormente, foram substituídas pela cultura temporária (Figuras 30 e 31).

Figura 30-Imagem erosão *Google Earth* e SATVeg em Maria Helena, Pr



Organização: O autor (2018)

Figura 31-Imagem erosão Google Earth e SATVeg próximo a Douradina, Pr



Organização: O autor (2018)

Em ambas as imagens, na análise conjunta entre o NDVI e a Imagem de Satélite, ficou evidente que para o ano de 2005, o uso era de pastagens, e para a imagem atual, a paisagem passou a incorporar as culturas temporárias.

O perfil do NDVI permitiu observar que, em ambas as situações, as culturas foram introduzidas após o ano de 2010. Observa-se, também, a presença das feições erosivas nas imagens, sendo que inicialmente havia pouco ou nenhum indício de processos erosivos, e após a introdução das culturas, sobretudo da cana-de-açúcar e mandioca, inicia-se a ocorrência dos mesmos.

Tal discussão deve ser compreendida e discutida com a profunda atenção por parte do Poder Público e demais órgãos gestores, pois os casos aqui exemplificados são representativos e estão presentes em diversos outros pontos na bacia hidrográfica do Rio das Antas, conforme figura 29.

Embora em um primeiro momento a fragilidade tenha diminuído em função da atual forma de uso e ocupação da terra, deve-se atentar às constantes transformações que estão ocorrendo na paisagem da bacia, de modo a traçar estratégias que tenham como objetivo final a melhor gestão e manejo dos recursos, bem como a menor desestabilização do sistema.

Somando o estudo da fragilidade para a bacia hidrográfica com a compartimentação de unidades geoambientais, observa-se a maior e a menor atenção para os compartimentos. A unidade geoambiental I está sob ação de um relevo bem dissecado, com maior densidade de drenagem e com uma diversidade de usos e ocupação. Desta forma, obteve-se uma fragilidade fraca, moderada e forte. A classe moderada ocorreu, sobretudo, associada às culturas permanentes e temporárias, enquanto a classe forte ocorreu sob a presença dos setores mais dissecados.

Para a unidade II, a atenção maior está condicionada à subunidade IIc, por apresentar, em maior percentual, as classes de moderada e forte fragilidade. Destaca-se o mesmo elemento presente no setor I da bacia, a presença de maiores declividades, somado à maior densidade de drenagem e o uso culturas temporárias, como a cana-de-açúcar e, sobretudo, a presença de solo exposto. Entre os setores IIa e IIb, nota-se a ligeira diferença nos graus de fragilidade. O setor IIa apresenta-se muito mais instável quando comparado ao setor IIb. Isto ocorre porque o setor IIa apresenta maiores valores de declividade quando comparado com o setor IIb, e por apresentar áreas mais extensas de culturas temporárias e solo exposto. Já no setor IIb, além de ser possível vislumbrar uma ligeira diferença na diminuição dos valores de declividade, ocorre um aumento no percentual de uso de pastagens e a diminuição no percentual de solos exposto.

A unidade III apresentou as classes de fragilidade fraca, muito fraca, moderada e forte. As áreas com a ocorrência da classe forte foram associadas à planície de inundação do Rio das Antas que, embora apresente baixos valores declividade, possui altos valores de susceptibilidade em decorrência do Neossolo Flúvico. Nas localidades mais elevadas do compartimento, a presença do uso predominante das pastagens, bem como a baixa declividade e a presença dos Latossolos permitiram a ocorrência das áreas com fraca e muito fraca fragilidade emergente.

O quadro 10 apresenta as principais características do meio físico e social somadas às fragilidades e potencialidades de cada unidade geoambiental identificada na bacia hidrográfica do Rio das Antas, resultando no diagnóstico geoambiental.

Quadro 09: Síntese das principais características das unidades geoambientais e das fragilidades e potencialidades da bacia hidrográfica do rio das Antas, PR

Unidades Geoambientais	Atributos físicos			Diagnóstico Geoambiental		
	Solos	Hipsometria (m)	Declividade %	Características	Potencialidades	Fragilidades
Unidade I	Argissolos abrupto	400->450	12- >20	Área com relevo dissecado; alta densidade de drenagem; predominância de argissolos; uso da terra bem diversificado	Próxima a áreas urbanas, privilegiando atividades que não necessitam de áreas grandes logística	Área associada a relevo dissecado, necessitando um manejo adequado que leve em consideração a inclinação da vertente
Unidade II a	Argissolos abrupto e típico/ Latossolo/Neossolo Flúvico	350-450	06-12 12-20	Relevo com média e baixa dissecção; uso diversificado; presença de Latossolos e Argissolos	Próximo a áreas urbanas, com solos profundos. Áreas favoráveis ao uso da pecuária e citricultura	Área com ocorrência de solo exposto e declividades médias, requer a aplicação de práticas conservacionistas
Unidade II b	Argissolos abruptos e típicos/ Neossolo Flúvico	350-450	03-06 06-12	Área com média dissecção, uso diversificado; predomínio de Argissolos	Potencial ao uso de pastagens e citriculturas	Solos com média dissecção no terço final da vertente e a presença de Argissolos com transição abrupta entre os horizontes
Unidade II c	Argissolos abruptos e típicos/ Neossolo Flúvico	300-400	12-> 20	Relevo dissecado; maior densidade de drenagem; predomínio de Argissolos; Uso do solo diverso, com áreas de mata	Pode ser usado em pecuária e áreas de preservação permanente	Área associada a relevo mais dissecado, exigindo um manejo adequado que leve em consideração a inclinação da vertente
Unidade III	Latossolos; Argissolos típicos /Neossolo Flúvicos	250-300	< 03-06	Relevo com menor declividade; uso predominante de pastagens; menor densidade de drenagem	Áreas planas, potencial a uso agrícola devido a baixa declividade	Parte da unidade está sob a área de inundação do rio das Antas e do Rio Ivaí necessitando a preservação da planície de inundação

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos de caráter ambiental possuem grande importância para a sociedade, principalmente no crescente uso dos recursos naturais, muitas vezes de forma indiscriminada, potencializando a desestabilização do sistema natural. Desta forma, o presente estudo contribui para a atenção a essa desestabilização provocada ou intensificada pelas ações antrópicas no meio ambiente.

Para tanto, os estudos que se utilizam da bacia hidrográfica como seu objeto de análise permitem que sejam realizadas interpretações no que diz respeito ao desenvolvimento e planejamento ambiental sob a ótica da análise integrada, avaliando tanto as condições naturais quanto as inseridas pelo homem.

Para o presente estudo, foram analisados parâmetros geográficos, tais como atributos do relevo, drenagem, climáticos, pedológicos, além das características de uso e ocupação da terra e o estudo das fragilidades.

A utilização do sistema de informação geográfica foi de extrema importância, pois por meio do mesmo foi possível realizar a compartimentação da bacia em três grandes unidades e, posteriormente, a aplicação do estudo de fragilidade como diagnóstico final. Cabe destacar, ainda, a utilização dos perfis geoecológicos, que contribuíram para mostrar as variações na estrutura da paisagem ao longo da bacia. A utilização dos perfis permitiu compreender as variações e as relações existentes entre os solos, o relevo e os usos da terra.

Por meio da compartimentação foi possível observar as diferenças existentes na bacia hidrográfica do rio das Antas. Cada unidade (I, IIa, IIb, IIc e III) possui uma dinâmica natural que reflete nas formas de uso e ocupação, contribuindo para a maior ou menor fragilidade.

De forma geral, a bacia hidrográfica apresentou em seu setor de montante, uma alta densidade de drenagem, com relevo bem dissecado e formas de vertentes mais curtas e convexas, com usos diversificados. O setor médio da bacia foi classificado como medianamente drenado, com a presença de Latossolos e Argissolos e, o uso predominante de pastagens e culturas temporárias, com destaque para a cana-de-açúcar. A exceção foi para o subcompartimento IIc, que apresentou alta densidade de drenagem, um relevo bem dissecado e a presença de vertentes semelhantes ao setor I, com vertentes curtas e convexas. No setor a jusante, as principais características

foram a presença de um relevo plano, com vertentes retilíneas e o uso predominante de pastagens.

A elaboração e análise das cartas de fragilidade potencial e emergente permitiu verificar que a maior fragilidade ocorreu nas unidades com maior dissecação (I e IIc), sobretudo nas áreas de cabeceira de drenagem, onde as vertentes são menos extensas e há maior densidade de drenagem.

A análise da fragilidade possibilitou ainda observar que, embora a bacia hidrográfica apresente uma susceptibilidade natural aos processos erosivos, em função dos solos de textura média, somado às áreas mais dissecadas, a fragilidade emergente expressou um ponto positivo neste aspecto. As formas de uso e ocupação da terra, de forma geral, estão contribuindo para uma melhora desta susceptibilidade natural, sobretudo nas áreas declivosas com o uso de mata e/ou pastagens.

Desta forma, a aplicação das etapas desenvolvidas na pesquisa, permitiram obter um novo olhar para a bacia hidrográfica do Rio das Antas. A compartimentação da bacia em subunidades permitiu reconhecer que, embora a bacia hidrográfica funcione como um sistema integrado, existem áreas com menor ou maior fragilidade e que, caso não sejam tomadas as melhores decisões, as possibilidades de desestabilização do sistema aumentam, provocando a ocorrência dos processos erosivos, bem como o assoreamento dos cursos hídricos.

Por fim, cabe destacar que, embora as formas de uso e ocupação da área contribuam para a menor suscetibilidade ambiental, é necessário atentar-se às constantes transformações nas formas de uso e ocupação, sobretudo no avanço das culturas temporárias, tais como a cana-de-açúcar e mandioca. Desta forma, o monitoramento dessas atividades devem ser objeto de estudo por parte de pesquisas futuras.

Observou-se também que, no que diz respeito às formas de uso e ocupação, que a área de estudo possui grande contribuição no valor agregado das atividades de baixo impacto, tais como o frango de corte e pintinho de recria. Por sua vez, as atividades de alto impacto têm tomado a paisagem, como a cana de açúcar e a cultura da mandioca, principalmente pela supressão das áreas com pastagens.

Sendo assim, os resultados obtidos poderão auxiliar nas pesquisas desenvolvidas no sítio paleontológico no município de Cruzeiro do Oeste e em estudos mais amplos que se utilizam do zoneamento ambiental para o planejamento

ambiental, sendo passível de utilização, sobretudo, por parte do Poder Público, tendo em vista a capacidade de identificar as limitações e vocações das áreas em estudo.

REFERÊNCIAS

- BARRELLA, W. **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes**. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 320p. 2001.
- BARROS, J.S.; CASTRO, A.A.J.F. Compartimentação geoambiental no complexo de Campo Maior, PI: uma área de tensão ecológica. **Revista internacional de desenvolvimento local**. v.8, n.13, p. 119-130, 2006.
- BELTRAME, A. da V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis/SC: UFSC, 1994. p. 111.
- BENATTI, J.H. Aspectos legais e institucionais do zoneamento ecológico-econômico. **Revista de Direito Ambiental** 29, São Paulo, ano 8, jan.-mar. 2003, p. 103-114.
- BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global**. Revista O Espaço Geográfico em Análise. Curitiba, n. 7, p. 79-85, 2004.
- BONIFÁCIO, C. **Avaliação da fragilidade ambiental em bacias hidrográficas do alto vale do rio Pirapó, norte do Paraná: Proposta metodológica**. 2013, 112f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, 2013.
- BRASIL. **Constituição (1988)**. **Constituição** da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.
- BRASIL. **Decreto nº 3.048** de 2011: Dispõe sobre o Comitê das Bacias Hidrográficas do Paraná. 2011.
- BRASIL. **Lei nº 6.938** de 1981: Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. 1981.
- BRASIL. **Lei nº 9.433** de 1997: Dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos. 1997.
- BUENO, K. **Fragilidade Ambiental do município de Guaíra-PR**. 2015, 104f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2015.
- CABRAL, J. B. P; ROCHA, I. R; MARTINS, A. P; ASSUNÇÃO, H. F; BECEGATO, V. A. Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Doce (GO), utilizando técnicas de geoprocessamento. **International Review of Geographical Information Science and Technology**. nº 11, p. 51-69. 2011.
- CAETANO, J. O. **Caracterização de atributos químicos e físicos de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes tempos de cultivo de soja e milheto**.

2016, 159p. (Dissertação) Programa de pós-graduação em Produção Vegetal. Universidade de Rio Verde. Rio Verde, Goiás, 2006

CARVALHO, A. P. **Solos do arenito Caiuá**. In: PEREIRA, V. P.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Solos altamente suscetíveis à erosão. Jaboticabal, FCAV - UNESP/SBCS, p. 39 - 50, 1994.

CENTURION, J. F.; CARDOSO, J. P.; NATALE, W. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.2, p.254-258, 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ªed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.188p.

COLLARES, E. G. **Avaliação de Alterações em Redes de Drenagem de Microbacias como Subsídio ao Mapeamento Geoambiental de Bacias Hidrográficas: Aplicação na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari**. SP. 2000. Tese (Doutorado em Geotecnia) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000, 211p.

CONTI, J. B. A. **Geografia Física e as relações sociedade natureza no mundo tropical**. 2. Edição, Humanitas: São Paulo, 2002, 36p.

CUNHA, J.E.; NÓBREGA, M.T.; CASTRO, S.S. Infiltração da água no solo no sistema pedológico campus do arenito, Cidade Gaúcha, Noroeste do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1837-1848, 2008.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. Ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 590p., 2018.

EMBRAPA. – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 2017. 577 p.

EMBRAPA. – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos e Florestas, 2008.

FADINI, A. A. B.; CARVALHO, P. F. Os usos das águas do Moinho – Um estudo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Moinho – Nazaré Paulista-SP. II Encontro da ANPPAS. Indaiatuba: **ANPPAS**, 2004, p. 01-20 (CD ROM).

FADINI, A.A.B. **Impactos do Uso das Terras na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá (SP)**. 1998. 141p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1991.

FASOLO, P. J.; CARDOSO, A.; HOCHMÜLLER, D. P.; RAUEN, M. J. & PÖTTER, R.O. **Erosão - Inventário de áreas críticas no Noroeste do Paraná**. Londrina. IAPAR, 1988, 20p. (Boletim Técnico n. 23).

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. O grupo Caiuá (ks): Revisão estratigráfica e contexto deposicional. **Revista Brasileira de Geociências**, V. 24, p. 164-176, setembro, 1994.

FIDALSKI, J. Diagnóstico de manejo e conservação do solo e da água na região Noroeste do Paraná. **Revista Unimar**, Maringá, v.19, n.3, p. 845-851, 1997.

FLORIANO, E. P. **Planejamento Ambiental**. Caderno didático n. 6, 1ª edição, Santa Rosa, RS. 54p. 2004.

FREITAS, E. G. **Zoneamento geoambiental aplicado ao ordenamento territorial do município de Maranguape CE**. 2016, 127f. Dissertação (Mestrado em desenvolvimento e meio ambiente) – Programa de Pós-graduação em desenvolvimento e meio ambiente, Universidade Federal do Ceará, 2016.

GOMES, D. D. M. **Geoprocessamento aplicado a análise e zoneamento dos sistemas ambientais da bacia hidrográfica do rio Mundaú- PE/AL**. 2015, 231f. Tese (Doutorado em Geologia) – Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Ceará, 2015.

GONÇALVES, G. G. G; COMUNELLO, E; VITORINO, A. C. T; ARAI, F. K. Determinação da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas. **Floresta**, Curitiba, PR. v. 41, n.4, p 797-808, 2011.

GREGORY, K. J. **A natureza da geografia física**. São Paulo: Bertrand Brasil, 367p. 1992.

GRISA, K. T. **Mapeamento da fragilidade potencial do alto curso da bacia hidrográfica do rio Cotegipe PR**. 2014, 67f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2014.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Impactos ambientais e urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 416p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**.

IBGE. **Geografia do Brasil**. Região Sul. Rio de Janeiro, v. 5, 1994.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro, 3ª edição, 2013.

IBGE. **Mapa Brasil Climas**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 1978.

INSTITUTO DE TERRAS CARTOGRAFIA E GEOLOGIA DO PARANÁ. **Oficinas institucionais do Zoneamento Ecológico-econômico do estado do Paraná**. Apresentação dos resultados preliminares maio-junho de 2014. Retirado de: <http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=7>. Último acesso em: julho de 2018.

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Perfil dos Municípios**. Curitiba: IPARDES, 2012.

JABUR, I.C.; SANTOS, M.L. Revisão estratiográfica da Formação Caiuá. **Boletim de Geografia**, ano 2, n.2, p.91-106, 1984.

KAWAKUBO, F.S.; MORATO, R.G.; CAMPOS, K. C.; LUCHUARI, A.; ROSS, J.L.S. **Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto [CD-ROM]: 2005 abr 16-21; Goiânia, Brasil, p..2203-2210.

KÖPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica. México. 1948. 479p.

LANNA, A. E. L. **Gerenciamento de bacias hidrográficas: aspectos conceituais e metodológicos**. Ed. Ibama. Brasília, 1995. 154p.

LEEF, E. **Epistemologia Ambiental**. 4. Edição, São Paulo: Cortez, 2006. 240 p.

LEMOS, R.C., SANTOS, R.D. **Manual de método de trabalho de campo**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 83p.

LEVIGHIN, S. C.; VIADANA, A. G. Perfis geo-ecológicos como técnica para o estudo das condições ambientais. **Uberlândia: Revista Sociedade & Natureza**, n.14-15, p.5-19, 2002.

LIBAULT, A. **Geocartografia**. São Paulo: Ed. Nacional, EDUSP, 1975. 387 p.

LIMA, R.N. **Mapeamento geomorfológico de uma sub-bacia hidrográfica do alto curso do rio das Antas, Cruzeiro do Oeste Paraná: contribuição para caracterização de um sítio paleontológico**. 2016, 56f. Monografia apresentada ao Departamento de Geografia pela Universidade Estadual de Maringá, 2016.

LIMA, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986. 242p.

LIMA, W.P.; ZAKIA M.J.B. **Hidrologia de matas ciliares**. In: RODRIGUES; R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p.33-43.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 4ed. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2012, 526p.

MANZIG, P. C.; KELLNER, A. W. A.; WEINSCHÜTZ, L. C.; FRAGOSO, C. E.; VEGA, C. S.; GUIMARÃES, G. B.; GODOY, L. C.; LICCARDO, A.; RICETTI, J. H. Z.; DE MOURA, C. C. Discovery of a Rare Pterosaur Bone Bed in a Cretaceous Desert with Insights on Ontogeny and Behavior of Flying Reptiles. **Plos One**, v. 9, p 1-10, agosto, 2014.

- MARCATTO, F. S. **O efeito do uso e manejo nas propriedades físicas e hídricas dos solos da bacia hidrográfica do rio Pirapó-Pr.** 2016, 103p. (Dissertação). Programa de pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá-Paraná, 2016.
- MARTINELLI, M. **Curso de Cartografia Temática** – São Paulo, contexto, 1991. 180p.
- MATA, S. **Planejamento urbano e preservação ambiental.** Fortaleza: UFC, 1981. 242 p.
- MEDEIROS, F.B.; MARCATTO, F. S.; SILVEIRA, H.; NOBREGA, M. T. Avaliação da estabilidade de agregados e a vulnerabilidade à erosão ao longo de uma vertente no município de Araruna, região noroeste do Paraná-Brasil. **Caderno de Geografia**, v.28, n.55, p.845-862, 2018.
- MENEZES, D. J.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SCCOTI, A. A. V. Zoneamento geoambiental do município de São Pedro do Sul – RS. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 07, n.2, p. 68-80, 2011.
- MENEZES, D. J.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SCCOTI, A. A. V. Zoneamento geoambiental do município de São Pedro do Sul – RS. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 07, n.2, p. 68-80, 2011.
- METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens?. **Biota Neotropical**, Rio Claro, v.1, n.1/2, p. 1-9, dez. 2001.
- MILANO, M. S. **Unidades de conservação: conceitos básicos e princípios gerais de planejamento, manejo administração.** Curitiba: [s.n.], 1993. 63 p.
- MILLIKAN, B.; DEL PRETTE, M. E. **Documento base para discussão sobre metodologia de Zoneamento Ecológico-Econômico na Amazônia.** In: Seminário de Avaliação da metodologia do Zoneamento Ecológico-Econômico para a Amazônia Legal. Programa Piloto de Proteção das Florestas Tropicais Brasileiras. Manaus, AM, 2000.
- MINEROPAR. **Atlas Geológico do Estado do Paraná.** 2001. Minerais do Paraná, Curitiba. 2001, 125 p. CD ROM.
- MINEROPAR. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná.** Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006, 63 p.
- Monteiro, C. A. de F. **Geossistemas: A história de uma procura.** 2ed. São Paulo: Contexto, 127f., 2001.
- MORO, D.A. **Substituição de culturas, modernização agrícola e organização do espaço rural, no norte do Paraná.** 1991. 353f. Tese (Doutorado) do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1991.

NETTO, I. T. P.; KATO, E.; GOERDERT, W. J. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho Amarelo sob pastagem com diferentes históricos de uso. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, vol. 33, n. 5 p. 1441-1448, 2009.

OLIVEIRA, P. C. A.; RODRIGUES, G. S. S. C.; ROGRIGUES, S. C. Fragilidade ambiental e uso do solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Pindaíba, Uberlândia, MG, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v.3, n. 1, p. 54-67, 2008.

PAIVA, R.G.; NÓBREGA, M.T. Características socioeconômicas e evolução do uso do solo do norte central e noroeste paranaense. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v.8, n.1, p. 107 -131, 2010.

PIRES, J.S.; SANTOS, J. E. DEL PRETTE, M.E. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A.F. (Ed.). **Conceitos de bacias hidrográficas**: teorias e aplicações. Ilhéus: Editus,2002. p. 17-35.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L.L. Gestão de Bacias Hidrográficas. **Estudos avançados**. v.22, p.43-60, 2008.

PRADO, J.P.B; NÓBREGA, M.T, Determinação de perdas de solo na bacia hidrográfica do córrego Ipiranga em Cidade Gaúcha, Estado do Paraná, com aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). **Acta Scientiarum Technology**, v.27 n1, p.33-42, 2005.

QUINTAS, J.S; OLIVEIRA, M. J. **A formação do educador para atuar no processo de gestão ambiental**. Brasília: IBAMA, 9p.1995.

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; DE NARDIN, D.; CRISTO, S. S. V. Métodos e Técnicas Geográficas Utilizadas na Análise e Zoneamento Ambiental. Geografias: **Revista do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia IGC-UFMG**, v.5, n. 2, p. 36-49, 2009.

ROCHA, J. S. M. da. **Área de proteção ambiental (APA) de Osório Morro da Borússia**. Osório: Prefeitura Municipal de Osório, 1995. 188 p.

ROCHA, J. S. M. da. **Manual de projetos ambientais**. Brasília: MMA, 1997. 446 p.
RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S.; HATSCHBACH, G.G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná, Brasil. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v.1, n.24, p. 75-92, 2002.

RODRIGUEZ, J.M.M. **Geoecologia de los paisajes**. Mérida/Venezuela: Editora de La Universidade de Los Andes, 1991.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. In: **Revista do Departamento de Geografia FFLCH-USP**, n. 8. São Paulo, 1994. p. 63-74.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia aplicada aos EIAs-RIMAS. In: Guerra, A. J. T., CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. 1996. p. 291-336.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Contexto, 2003, 85 p.

SALA, M G. **Unidades Geoambientais da Margem Esquerda da Planície Aluvial do Rio Ivaí-PR**. 2014, 166f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.

SAMPAIO, T. V. M. **Parâmetros morfométricos para melhoria da acurácia do mapeamento da rede de drenagem – uma proposta baseada na análise da Bacia Hidrográfica do Rio Benevente - ES**. 2008. 147f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.

SAMPAIO, T. V. M; AUGUSTIN, C. H. R. R. Índice de concentração da rugosidade: uma nova proposta metodológica para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a cartografia geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.15, n.1, (Jan-Mar) p.47-60, 2014.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184p.

SCHIAVO, B. C. V.; HENTZ, A. M. K.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R. Caracterização da fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica urbana no município de Santa Maria -RS. **Revista eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. v. 20, n. 1, jan.- abr. p.464-474, 2016.

SERRA, E. A colonização empresarial e a repartição da terra agrícola no Paraná moderno. **Boletim de Geografia**, Maringá, n.1, p.49 -59, 1993.

SILVA, D. F.; SOUSA, F. A. S.; KAYANO, M. T. Escalas temporais da variabilidade pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Mundaú. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 25, n.3, p. 147-155, 2010.

SILVA, J. S. V.; SANTOS, R. F. Zoneamento para planejamento ambiental: vantagens e restrições de métodos e técnicas. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 21, n. 2, p. 221-263, mai./ago., 2004.

SILVA, J. S. V.; SANTOS, R. F. Zoneamento para planejamento ambiental: vantagens e restrições de métodos e técnicas. **Cadernos de Ciência e Tecnologia, Brasília**, v. 21, n. 2, p 221-263, maio, 2004.

SILVEIRA, D. T; CÓRDOVA, F. P. A pesquisa Científica. In: GERHARDT, T. E; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2009. 120p.

SISTEMA DE ANÁLISE TEMPORAL DA VEGETAÇÃO (SATVEG). **EMBRAPA**. Disponível em <https://www.satveg.cnptia.embrapa.br/satveg/pages/home.html> . Acesso em: 26. set. 2018.

SOARES, A. **Geoestatística para as ciências da terra e do ambiente**. Lisboa: 2ª edição, IST Press, 2006. 214p.

SOUZA, M. P. **Instrumentos de gestão ambiental: fundamentos e prática**. Ed. Riani Costa. São Carlos, 2000. 112p.

SOUZA, T. A; CUNHA, C. M. L. Representação da paisagem através da carta de unidades geoambientais em áreas litorâneas. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 3, p. 105-119, 2014.

SOUZA, V.; GASPARETTO, N. V. L. Aplicação da equação universal de perda de solo (EUPS) na bacia do córrego Pinhalzinho segundo, noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n.3, (jul.-set.) p.267-278, 2012.

SPORL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da Fragilidade Ambiental com Aplicação de Três Modelos. **GEOUSP - Espaço e Tempo**. (15), p. 39-49, 2004.

STEVAUX, J.C; LATRUBESSE, E.M. **Geomorfologia fluvial**. Oficina de Textos, 336p. 2017.

STRAHLER, A. N. **Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks**. In: Chow, ven te - Handbook of Applied Hidrology. New York, McGraw-Hill Book, 1964.

SUERTEGARAY, D. M. A. NUNES, J. O. R. A Natureza da Geografia Física na Geografia. **Revista Terra Livre**, n. 17, p 11-24, 2011.

TAKEUCHI, K. Landscape Planning Methodology Based on Geoecological Land Evaluation. **GeoJournal**, p. 167-183, 1983.

TRENTIN, R. **Definições de unidades geoambientais na Bacia Hidrográfica do rio Itu- Oeste do Rs**. 2007. 142f. Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, RS, 2007.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Metodologia para Mapeamento Geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul. In: XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada: **Anais**, 2005.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Unidades geoambientais na bacia hidrográfica do rio Itu- Oeste d Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista do departamento de Geografia- USP**, v. 23, p.267-287, 2012.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Supren, 1977. 97p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 4.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 2013.145p.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

YASSUDA, E. R. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. **Revista Administração Pública**, v.27, n.2, p.5-18, 1993.

APÊNDICES

Trincheira 1 - TR1

Data: 17/06/2018

Hora: 09:25

Coordenadas 282723,407 7371655,905

Altitude: 441m

Município: Cruzeiro do Oeste, PR

Substrato Geológico: Formação Caiuá

Solo: Argissolo Vermelho

Uso atual: Mata

Descrição morfológica:

Horizonte

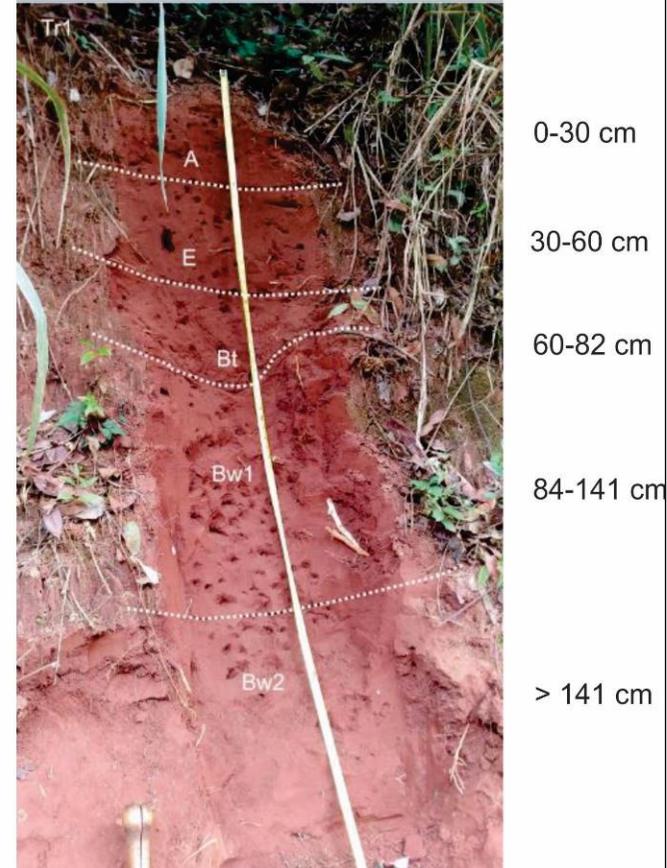
A: textura franco-arenosa; estrutura forte, pequena em blocos subangulares que se desfazem em grãos simples; consistência solta, quando úmida muito friável e não plástica e não pegajosa quando molhada; raízes abundantes médias e finas; presença de fragmentos de carvão; transição plana a gradual.

E: textura areia; estrutura maciça que se desfaz em grãos simples; consistência solta quando seca e úmida e não plástica e não pegajosa, quando molhada; raízes abundantes médias e finas; transição plana e abrupta.

Bt: textura franco-argilosa; estrutura de grau moderado a forte, tamanho médio a grande; em blocos angulares e subangulares; consistência macia quando seco, muito friável quando úmida, plástica e pegajosa quando molhada; raízes comuns médias e finas; presença de carvão; transição ondulada e clara.

Bw1: textura franco-arenosa; estrutura fraca a moderada, de tamanho pequeno a médio, granular; consistência macia e muito friável, não plástica e não pegajosa a ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes comuns, finas e médias; transição plana e gradual.

Bw2: textura franco-arenosa; estrutura fraca, pequena, formada por agregados granulares e blocos subangulares; consistência macia, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.



Trincheira 2 - TR2

Data: 17/06/2018

Hora: 12:27

Coordenadas 269540,405 7372445,662

Altitude: 453m

Município: Umuarama, PR

Substrato Geológico: Formação Caiuá

Solo: Latossolo Vermelho textura média

Uso atual: Pastagem

Descrição morfológica:

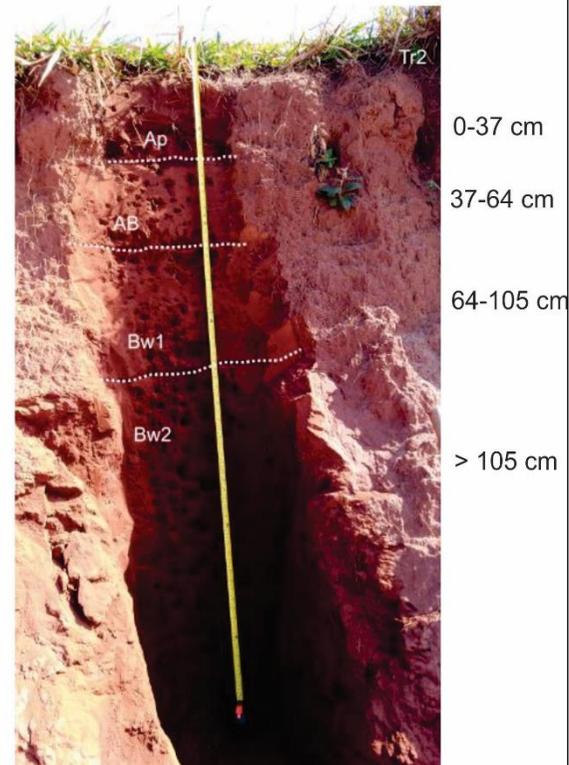
Horizonte

Ap: textura areia franca; estrutura fraca, de tamanho pequeno a médio, formado por blocos angulares e subangulares; consistência solta e solta, não plástica e não pegajosa; raízes abundantes, finas e fasciculadas, transição plano e gradual.

AB: textura areia-franca; estrutura de grau moderado, tamanho médio, blocos angulares e subangulares; consistência macia, muito friável, não plástica e não pegajosa; raízes abundantes, finas e fasciculadas; transição plana e gradual.

Bw1: textura franco arenosa; estrutura fraca e pequena, de blocos subangulares; consistência macia, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes finas e abundantes; transição plana e clara.

Bw2: textura franco-arenosa; estrutura granular, consistência macia, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes comuns, finas; presença de fragmentos de carvão.



Trincheira 3 - TR3

Data: 17/06/2018

Hora: 13:28

Coordenadas 273877,736 7388425,378

Altitude: 305m

Município: Maria Helena, PR

Substrato Geológico: Formação Caiuá

Solo: Neossolo Quartzarênico

Uso atual: Pastagem

Descrição morfológica:

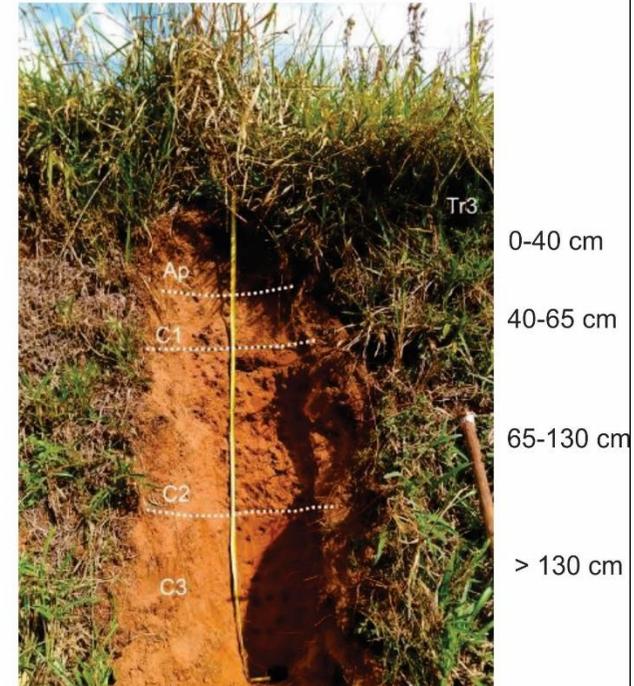
Horizonte

Ap: textura areia; grão simples; consistência solta e solta, não plástica e não pegajosa; raízes muito abundantes, finas e fasciculadas; transição plana e clara.

C1: textura areia; grãos simples; consistência solta e solta, não plástica e não pegajosa; raízes muito abundantes, finas e fasciculadas; atividade biológica abundante; transição plana e gradual.

C2: textura areia; estrutura maciça que se desfaz em grãos simples; consistência solta, solta, não plástica e não pegajosa; transição plana gradual.

C3: textura areia; maciça que se desfaz em grãos simples; consistência solta e solta, não plástica e não pegajosa.



Trincheira 4 - TR4**Data:** 17/06/2018**Hora:** 14:54**Coordenadas** 271831,291 7389729,986**Altitude:** 398m**Município:** Maria Helena, PR**Substrato Geológico:** Formação Caiuá**Solo:** Argissolo Vermelho**Uso atual:** Pastagem**Descrição morfológica:****Horizonte**

A: textura muito arenosa; maciça a grãos simples; solta, solta, não plástica não pegajosa plana e clara. Presença de muitas raízes finas e médias, plana e clara.

E: Textura muito arenosa; maciça grão simples; seco solta não plástica não pegajosa, transição plana. Raízes finas e médias, plana e clara.

Bt1: Textura média arenosa; moderada, média. blocos angulares a subangulares; ligeiramente dura friável plástica e pegajosa com transição plana e difusa.

Bt2: Textura média arenosa; moderada, média a grande. Blocos angulares a subangulares; ligeiramente dura, friável, plástica e pegajosa, plana e gradual.

Bt3: Textura média argilosa; forte, grande, blocos angulares a subangulares; ligeiramente dura, friável plástica/muito plástica, pegajosa a muito pegajosa.

